

**DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA  
DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGOS EN EL MUNICIPIO DE NARE-  
ANTIOQUIA.**

**DIANA CRISTINA SIERRA NONTIEN**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA INGENIERÍA DE MINAS  
2017**

**DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA  
DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGOS EN EL MUNICIPIO DE NARE-  
ANTIOQUIA.**

**DIANA CRISTINA SIERRA NONTIEN  
COD. 200710149**

***Proyecto de grado modalidad monografía para optar al título de ingeniero en  
minas***

**Director del proyecto:  
JAIME WILLIAM JOJOA MUÑOZ  
Ingeniero de minas**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA INGENIERÍA DE MINAS  
2017**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del Director de la escuela**

---

**Firma del Director del proyecto**

---

**Firma del Jurados**

---

**Firma del jurados.**

Sogamoso, 20 de junio del 2017

“LA AUTORIDAD CIENTÍFICA DE LA FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO,  
RESIDE EN ELLA MISMA, POR LO TANTO NO RESPONDE DE LAS  
OPINIONES EXPRESADAS EN ESTE PROYECTO”

SE AUTORIZA LA REPRODUCCIÓN INDICANDO SU ORIGEN

## **DEDICATORIA.**

Primordialmente, gracias a Dios por darme sabiduría y perseverancia para culminar mis metas.

A mis padres Mariana de Jesús Nontien y Manuel Eduardo Sierra por su apoyo incondicional y comprensión. Para ellos por ser la más grande motivación en mi vida.

A mis hermanas Erika Patricia Sierra, y Olga Lucia Sierra por estar conmigo en cada uno de mis pasos.

A mis tíos, Sandra Patricia Nontien, Luis Eduardo Luna, Marcos Fidel Fernández, Aidé María Gil, Franklin Eduardo Morón, María Virginia Sierra, primos Manuel Eduardo Luna, Elizabeth Fernández y cuñado Joel Rivera por apoyarme en este largo camino

A mis sobrinas hermosas Erika Mariana Rivera y Bella Rivera por darme el regalo más lindo de esta mi vida.

Por supuesto, a todos mis amigos, compañeros de lucha, de alegrías y tristezas, que hicieron de estos años, una experiencia inolvidable, especialmente a Pedro Luis Pedraza, Freddy Alexander Porras, Santiago Cely.

## **AGRADECIMIENTOS.**

El autor del proyecto expresa sus más sinceros agradecimientos a:

RODRIGUEZ AMAYA KRISTHIAN. Ingeniero de minas, por sus valiosos aportes y orientación.

TORRES EDELBERTH. Ingeniero de minas, por las asesorías y colaboración prestada.

JOJOA MUÑOZ JAIME WILLIAM. Ingeniero en minas y director del proyecto, por sus valiosos aportes y orientaciones en todo momento.

QUIJANO HERNÁNDEZ AURA. Secretaria de la escuela de ingeniería de minas, por la colaboración prestada.

PEREZ JULIO CESAR, por su colaboración en la impresión del proyecto.

VARGAS CARLOS. Laboratorista, por sus consejos en el desarrollo del proyecto.

CEMENTOS ARGOS S.A, por la oportunidad brindada para la elaboración del proyecto.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, e IRME, por la colaboración en el desarrollo del proyecto.

## CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

INTRODUCCION

OBJETIVOS

1. ASPECTOS GENERALES	4
1.1 LOCALIZACIÓN	4
1.2 RASGOS FISIOGRÁFICOS	4
1.2.1 Clima	4
1.2.2 Hidrología	5
1.2.3 Vegetación	5
1.2.4 Topografía	5
1.3 ESTADO ACTUAL DE LA MINA	5
1.4 BENEFICIO DE LA CALIZA	5
1.4.1. Descripción del proceso de trituración y molienda acopio y almacenamiento de mineral útil.	5
2. GEOLOGIA	9
2.1. UBICACIÓN GEOLOGICA	9
2.1.1. Estratigrafía	9
2.1.1.1. Cuarcitas, cuarcitas biotititas de color oscuro y neis cuarzosos (nq).	9
2.1.1.2. Mármoles (m).	10
2.1.1.3. Aluviones del cuaternario (Qal).	11
2.1.2. Tectónica.	11
2.2. GEOLOGIA LOCAL	12
2.2.1. Estratigrafía	12
2.2.2.1. Cuarcitas y esquistos cuarzosos	12
2.2.2.2. Mármoles muro de la dos	12
2.3. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	13
2.3.1. Descripción geológica	13
2.3.2. Análisis químico de la caliza	13
2.4. CALCULO DE RESERVAS	13

3. CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO	15
3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO	15
3.1.1 Propiedades físicas.	15
3.1.2 Propiedades mecánicas.	16
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS DIACLASAS	16
3.3. CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO	20
3.3.1 Índice de calidad de la roca RQD.	20
3.4. ANALISIS CINEMATICO	27
3.4.1 Análisis cinemático para falla planar.	28
3.4.2 Análisis cinemático para falla por cuña.	28
3.4.3 Análisis cinemático para falla por volcamiento.	29
3.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL NO CONTROLADO	30
3.5.1. Análisis circular.	30
3.5.2. Análisis por falla en cuña.	30
4. DISEÑO MINERO	33
4.1 INFRAESTRUCTURA	33
4.1.1 Vías.	33
4.1.2 Instalaciones superficiales.	33
4.2 PREMINADO	33
4.2.1 Vías de acceso al yacimiento	33
4.2.2 Desmonte.	34
4.2.3 Descapote	34
4.3. MINADO	34
4.4 OPERACIONES DE LA MINA	34
4.4.1 Arranque por perforación y voladura	34
4.4.1.1. Malla de perforación y voladura.	35
4.4.2. Esquema de perforación	37
4.4.3. Tamaño y forma de la voladura.	38
4.4.4. Voladuras.	38
4.4.5. Reducción mecánica de sobre tamaños.	41
4.4.6 Cargue.	41
4.4.7. Transporte	42
4.5 PRODUCCIÓN	44



4.6 MANEJO DE TALUDES	44
4.6.1. Disposición de estériles.	45
4.6.2. Disposición de materia prima	45
4.7 SERVICIOS A LA MINA	45
4.7.1 Energía	45
4.7.2 Drenajes.	46
4.8 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	46
4.9 DESCRIPCION DEL METODO DE EXPLOTACION	47
4.10 VÍAS DE DESARROLLO	48
4.10.1 Desmonte.	49
4.10.2 Descapote.	49
4.11 DISEÑO DE BANCOS	49
4.11.1 Altura de banco.	50
4.11.2 Ancho de banco.	51
4.11.3 Ángulos del banco para la explotación	51
4.11.3.1 Angulo del talud.	51
4.11.3.2 Angulo de la cara del banco	51
4.11.3.3 Angulo de inclinación final ( $\beta$ ).	51
5. CONDICIONES AMBIENTALES	53
5.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	53
5.1.1. Componente biótico.	55
5.1.2. Componente suelo	56
5.1.3. Componente atmosférico.	56
5.1.4. Componente socio económico.	56
5.2. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	56
6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN	59
6.1. INVERSIONES	59
6.1.1. Inversiones existentes.	59
6.1.2. Inversiones a realizar.	59
6.2. FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN.	60
6.3. AMORTIZACIÓN	60
6.4. DEPRECIACIÓN	60
6.5. COSTOS DE LA OPERACIÓN	61

6.5.1. Costos fijos	61
6.5.1.1. Costo de mano de obra	61
6.5.1.2. Costos por lubricantes y combustibles.	61
6.5.1.3. Costos por recuperación ambiental y obras sociales	61
6.5.2. Costos variables	63
6.5.2.1. Costo de herramientas materiales y suministros	63
6.5.2.2. Costo por concepto de explosivos	63
6.5.2.3. Costos por concepto de regalías.	65
6.6. ANALISIS DE COSTOS	65
6.6.1. Costos unitarios.	65
6.6.1.1. Costos directos	65
6.6.1.2. Costo Indirectos	66
6.6.2. Costos de producción por tonelada	67
6.6.3. Ingreso anual por venta.	67
6.7. PUNTO DE EQUILIBRIO	68
6.8. ANALISIS FINANCIERO	69
6.8.1. Flujo de caja	69
6.8.2. Tasa interna de retorno.	70
6.8.3. Valor presente Neto	70
6.9. ANALISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA	71
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFIA	74

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Coordenadas del polígono	4
Cuadro 2. Análisis químicos de los bancos de caliza de interés económico	13
Cuadro 3. Ensayo de propiedades físicas	15
Cuadro 4. Valores del martillo.	16
Cuadro 5. Valores de compresión simple para el martillo	17
Cuadro 6. Principales familias de discontinuidades	19
Cuadro 7. Caracterización de las diaclasas	20
Cuadro 8. Índices de calidad de la roca	21
Cuadro 9. Cuadro. Clasificación RMR.	22
Cuadro 10. Corrección por orientación e inclinación de las discontinuidades	22
Cuadro 11. Cuadro. Determinación de clases de Macizo	22
Cuadro 12. Capacidades de producción	35
Cuadro 13. Relación de la geometría de la perforación con la resistencia a la compresión simple de la roca	36
Cuadro 14. Tipos de Cargue en la Mina	42
Cuadro 15. Resumen maquinaria minera	43
Cuadro 16. Clasificación de impactos a generarse en la cantera	59
Cuadro 17. Matriz de evaluación de impactos	54
Cuadro 18. Calificación cualitativa y cuantitativa de los impactos	56
Cuadro 19. Inversiones existentes	59
Cuadro 20. Inversiones a realizar	60
Cuadro 21. Depreciación	61
Cuadro 22. Costo de mano de obras	62
Cuadro 23. Combustible y lubricantes	63
Cuadro 24. Costo de herramientas materiales y suministros	79
Cuadro 25. Costo por concepto de explosivos	64

Cuadro 26.	Costos por concepto regalías	66
Cuadro 27.	Costos de producción por tonelada	67
Cuadro 28.	Punto de equilibrio	68
Cuadro 29.	Flujo de caja	69
Cuadro 30.	TIR para la mina	70
Cuadro 31.	Valor presente neto	70

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Polos	18
Figura 2. Diagrama de contornos	18
Figura 3. Nomograma de estimación del índice GSI, en bases a descripciones geológicas (Hoek & Brown 1997)	24
Figura 4. Valores de la constante $m_i$ para rocas intactas por grupos de roca	25
Figura 5. Evaluacion del factor de Perturbacion	25
Figura 6. Parámetros de entrada en la aplicación del programa RocLab aplicándolo para el talud actual	26
Figura 7. Resultados del criterio de la ruptura de Hoek y Brown por medio de software Roc-Lab	27
Figura 8. Análisis cinemático para falla planar talud único vertical	28
Figura 9. Análisis para falla por cuña en taludes	29
Figura 10. Análisis para falla por volcamiento en taludes	30
Figura 11. Evaluación del factor de seguridad para el análisis de rotura por falla circular	31
Figura 12. Evaluación del factor de seguridad para el análisis de rotura por falla en cuña	31
Figura 13. Datos de entrada al software Swedge para el cálculo del factor de seguridad	32
Figura 14. Diseño de voladura	38
Figura 15. Configuración típica de un barreno cargado en el proceso de voladura	39
Figura 16. Método de explotación de la cantera Muro de las Dos	47
Figura 17. Ancho de las vías de desarrollo	48
Figura 18. Geometría típica de bancos en explotación	50

Figura 19. Disposición de los equipos de cargue en el banco	50
Figura 20. Esquema de los bancos para el método de explotación propuesto	52
Figura 21. Resumen de producción	67

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Zona de trituración y centro de acopio temporal.	6
Ilustración 2. Beneficio de Caliza Mina los Diamantes	6
Ilustración 3. Pre-molienda.	7
Ilustración 4. Molienda.	8
Ilustración 5. Sistema de bombeo.	8
Ilustración 6. Diseños de las vías de acceso.	33
Ilustración 7. Perforador para el desarrollo de la explotación.	35
Ilustración 8. Material después de la voladura	40
Ilustración 9. Retroexcavadora	41
Ilustración 10. Cargador	42
Ilustración 11. Camión articulado.	43
Ilustración 12. La trituradora Laron donde llega el material	
Ilustración 13. Buldócer CAT D9T	49

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Modelo geológico	76
Anexo B. Levantamiento de diaclasas.	77
Anexo C. ciclos de transporte Camión dumper 730	80
Anexo D. Secuencia de explotación de la mina.	81
Anexo E. Secuencia de explotación de la mina.	82
Anexo F. Matriz de Identificación de Impactos de Explotación	83
Anexo G Matriz de Evaluación de impactos	84





## **INTRODUCCIÓN**

Cementos Argos pertenece a una matriz llamada Grupo Argos, es una organización productora y comercializadora de cemento y concreto. En febrero del 2005 se constituye como marca unificada cementos Argos S.A., siendo de gran importancia la extracción de calizas y direccionamiento de actividades cargue y transporte de este para la fabricación de cemento blanco y gris cumpliendo con estándares de calidad de la empresa.

En la industria del cemento, el tipo y características de este depende de las materia primas utilizadas; la diversidad de aplicaciones de este, requiere la elaboración de productos de diferentes características que cumplan con necesidades de resistencia mecánica, química, color y tiempo de fraguado. Para ello se utilizan en su elaboración sustancias naturales.

Históricamente la caliza ha sido utilizada para la fabricación de Clinker, ya que es un el componente principal para la fabricación de cemento.

El presente proyecto busca desarrollar el planeamiento minero para la extracción de puzolana en el municipio de Paipa, en el área correspondiente al título minero HHII-01, con el fin de llevar a cabo la explotación de una forma racional, económicamente rentable y segura.

## RESUMEN

El presente proyecto va dirigido a la empresa cementera Argos S.A y para la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia facultad seccional Sogamoso, se pretende recolectar datos obtenidos en campo como geología, topografía y recolección de muestras para ensayos en los laboratorios y determinar cantidad  $\text{CaO}_3$  y ensayos que determinen características físicas y mecánicas este último es fundamental para el desarrollo del proyecto. La cantera muro de la dos se han realizado trabajos de exploración para examinar la calidad del mineral para la para la producción de Clinker para cemento gris en la empresa. De esta manera se inició el estudios de las condiciones geológicas, geomecánicas y geométricas con el objetivo de sistematizar la información mediante el software Gemcom Surpac y así realizar el modelo geológico, cálculo de reservas, producción y diseño de este material, el cual será utilizado como materia prima para el crudo para obtener Clinker principal componente del cemento; además esta explotación se hace viable y de buen rendimiento económico por los recorridos de acarreo y transporte.

La cantera Muro de la Dos no cantaba con unas características del macizo rocoso ni con diseño del método en el que se plantea la geometría del banco, la producción, y medidas ambientales, los cuales generan una explotación racional con buenos rendimientos productivos, económicos y amigables con el ambiente. Ya que por parámetros de granulometrías es necesario es necesario utilizar explosivos es preciso identificar los impactos que se generen para mitigarlos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Planear, diseñar e implementar un método para la extracción de caliza en Muro de la Dos perteneciente a la empresa ARGOS S.A en la cual se tiene como base fundamental la extracción racional y seguridad en cada etapa del proyecto.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el cálculo de reservas.
- Conocer las propiedades físico mecánicas del material.
- Realizar el diseño del método de explotación a implementar.
- Analizar la estabilidad del talud.
- Identificar los impactos ambientales causados por la explotación minera, el manejo que se le debe dar a cada uno.
- Elaborar el análisis económico del proyecto.

## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1 LOCALIZACIÓN

La planta productora de cemento se encuentra en el Magdalena Medio, en el Municipio de Puerto Nare (Antioquia). El área está dentro del contrato HHII-01 del cual es titular la empresa Argos S.A. se localiza, en la vereda Canteras, jurisdicción del corregimiento de la Sierra; el área está comprendida en la plancha 148 II-D-2 de I.G.A.C; y delimitada por las siguientes coordenadas donde sé que conforman el polígono de área de concesión(ver cuadro 1) (ver plano 1).

Cuadro 1. Coordenadas del polígono

TITULO	PTO	COORDENADAS PLANAS (m)	
		(X) ESTE	(Y) NORTE
HHII-01	1	934,150	1,186,250
	2	932,900	1,188,800
	3	932,200	1,188,800
	4	930,950	1,186,250
	5	930,950	1,183,150
	6	934,150	1,183,150

Fuente: PTO del título minero HHII-01

### 1.2 RASGOS FISIAGRÁFICOS

**1.2.1 Clima.** El clima predominante en la región es típicamente ecuatorial y tropical con temperatura cálida todo el año. Los periodos de lluvia se presentan en periodos cortos, pero que son los suficientemente continuos para mantener un follaje abundante durante todo el año.

Las características climáticas en promedio anual se enuncian a continuación:

- Humedad media: 80.31%.
- Precipitación media: 169.25mm.
- Temperatura media: 27°C.
- Altitud: 125 m.s.n.m.

**1.2.2 Hidrología.** El título de la explotación no tiene corrientes permanentes de agua, pero si está situado bajo la confluencia de los ríos Nare y Magdalena en el llamado arco del río Nare.

**1.2.3 Vegetación.** En la zona la cobertura del suelo es de bosque intervenido, pastos enmalezados, pastos manejados, pasto natural (estos 3 últimos debido a la actividad de ganadería intensiva), y rastrojos de tipo bajo y alto.

**1.2.4 Topografía.** Los cuerpos de mármol predominan una topografía montañosa, fuertemente disectada y localmente kárstica, razón por la cual es muy común la topografía invertida y los cerros alineados con laderas verticales pero que aparentan redondez debido a la vegetación que los cubre. La altura sobre el nivel del mar oscila entre 200 y 420 metros y las pendientes varían dependiendo de la litología. En general la topografía va descendiendo de oeste a este a medida que se acerca al río Magdalena, que forma valles aluviales recientes.

### **1.3 ESTADO ACTUAL DE LA MINA**

La Mina Muro de La Dos hace parte del título minero HHII-01 del cual es titular Cementos Argos S.A. El área tiene aproximadamente 82.400 m<sup>2</sup>, está cerca del patio de acopio y la de la triturado, se caracteriza por tener caliza que contiene óxidos de hierro favorables para la fabricación de Clinker componente principal del cemento gris. La mina cuenta con vías de acceso y maquinaria propia de la empresa para realizar las labores desarrollo y preparación y de esta manera extraer la caliza.

Actualmente la empresa no tiene conflictos con la comunidad debido a que el título se encuentra aislado del área rural por lo tanto sus actividades no la afectan.

### **1.4 BENEFICIO DE LA CALIZA**

**1.4.1. Descripción del proceso de trituración y molienda acopio y almacenamiento de mineral útil.** Realizada la extracción de materias primas, cuando no se alimenta directamente la trituradora, el material es dispuesto temporalmente en los patios de acopio, para su posterior proceso de trituración. Para el almacenamiento de las materias primas se cuenta con un espacio en las inmediaciones de las trituradoras.

**La trituradora.** La trituración es el proceso mediante el cual se hace la disminución del tamaño de los minerales provenientes de los bancos de explotación de 60.cm a 2.54 cm, el mineral triturado pasa a una zona de almacenamiento compuesta por tres silos creados en la misma roca con capacidad de 7000 ton y de allí es llevado a la pre-molienda (ver ilustración 1).

La alimentación del material a la trituradora se realiza a través de tolvas que tienen una capacidad de 60 toneladas y una limitante de tamaño de máximo 80 cm y la trituradora tiene un rendimiento de 250 ton/hora (ver ilustración 2).

Ilustración 1. Zona de trituración y centro de acopio temporal

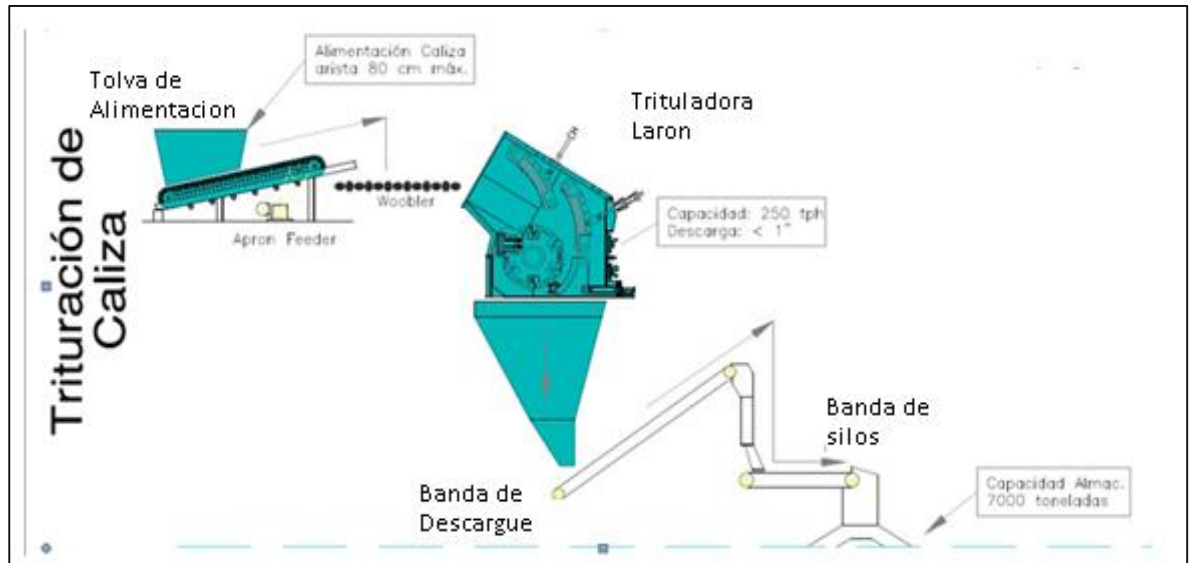


Fuente: Plan de trabajos y obras Mina Diamantes

**Pre-molienda.** Se encarga de garantizar que todo material que entre en el molino sea 90% menor a  $\frac{3}{4}$ ". La caliza almacenada en los silos es transportada a la zaranda niagra I, este es llevado al impactor vertical, (capacidad de 300tph), donde se reduce de tamaño, luego se descarga sobre la segunda zaranda en donde la caliza que no alcanzado a ser triturada vuelve a impactor y la fina es almacena en una tolva para posteriormente transportarla al molino (ver ilustración 3).

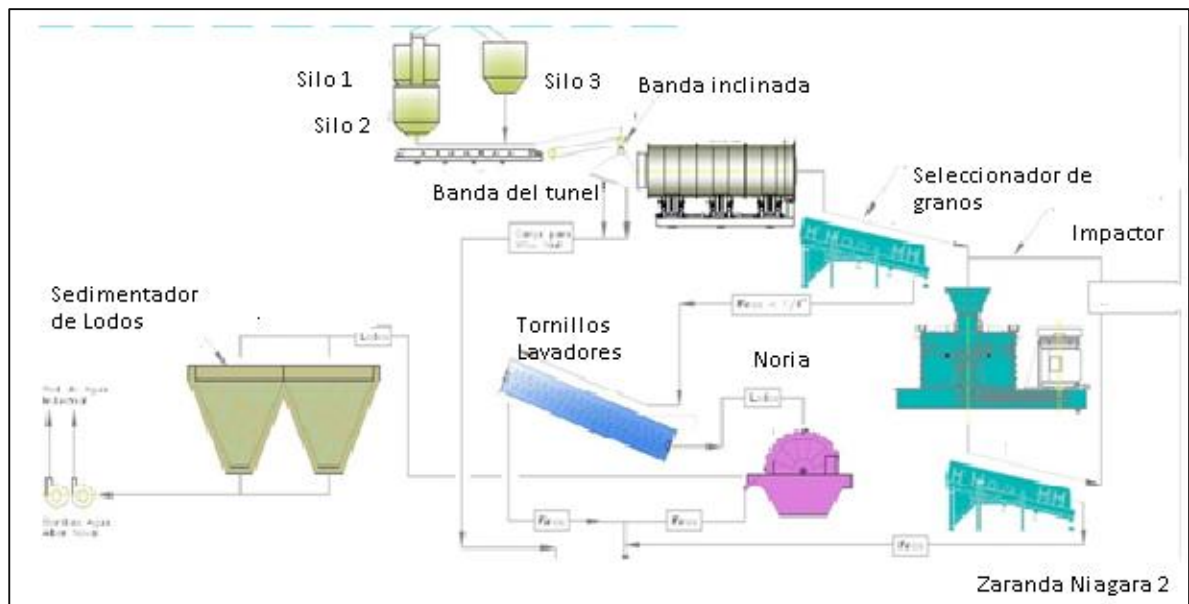
En la pre molienda se cuenta con un sedimentador de lodos que es el encargado almacenar los residuos de la molienda de la caliza para disminuir el impacto ambiental en el rio, cumpliendo con las normas técnicas y ambientales establecidas en el plan de manejo ambiental, manteniendo una explotación minera sostenible en el área de influencia del proyecto.

Ilustración 2. Beneficio de Caliza Mina los Diamantes



Fuente: Plan de trabajos y obras Mina diamantes

Ilustración 3. Pre-molienda

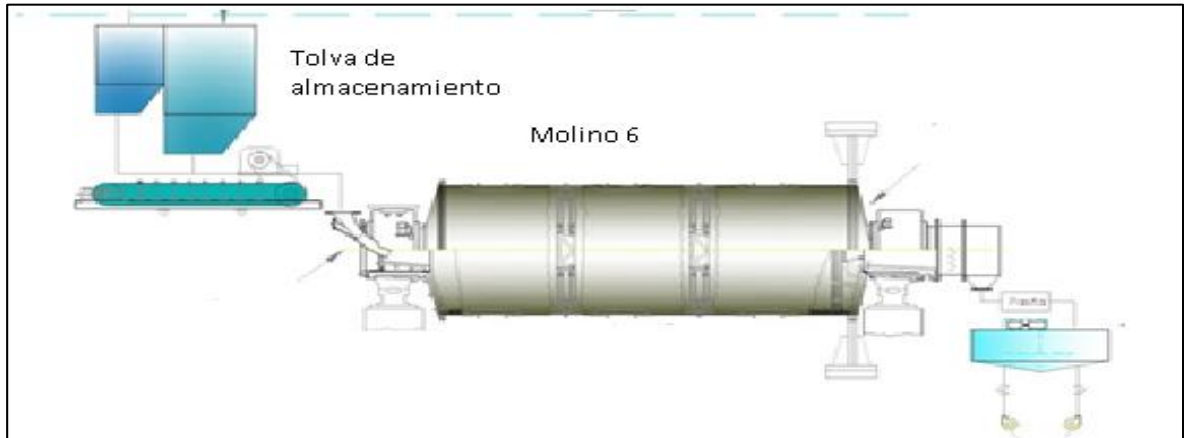


Fuente: Plan de trabajos y obras Mina diamantes



**Molienda.** La caliza es trasladada al molino de bolas (200um), por una banda de alimentación de 70 tph, allí se realiza la reducción de tamaño a un rango que es retenido en malla 50% y 200% (ver ilustración 4)

Ilustración 4. Molienda

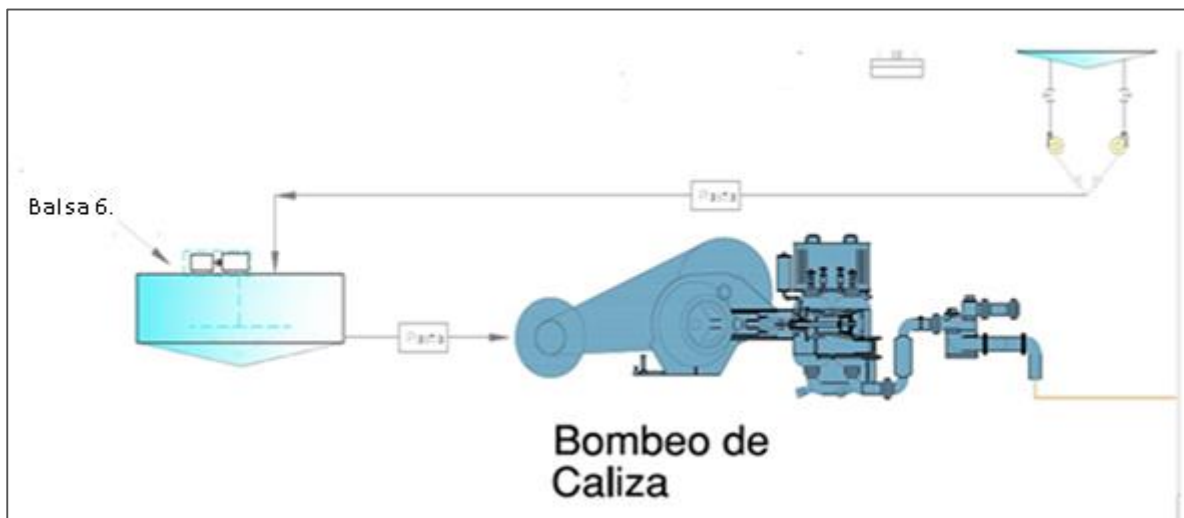


Fuente: Plan de trabajos y obras Mina diamantes

**Bomba Mars.** Una vez se obtiene la distribución granulométrica adecuada en la molienda, se procede a llevarla a una balsa principal donde se hace la homogenización de la mezcla (caliza + agua) hasta alcanzar una humedad óptima entre 48-50%, de esta manera pueda ser bombeada hasta la fábrica por medio del pasto ducto que mide aproximadamente 15 km.

La balsa principal tiene una capacidad de almacenamiento de 750 toneladas y la bomba dura aproximadamente 10 a 20 minutos (ver ilustración 5)

Ilustración 5. Sistema de bombeo



Fuente: Plan de trabajos y obras Mina Diamante

## 2. GEOLOGIA

### 2.1. UBICACIÓN GEOLOGICA<sup>1</sup>

Geológicamente la zona se encuentra ubicada en el piedemonte oriental de cordillera central, donde el patrón estructural predominante está determinado por dos bloques de fallas por efecto de las fallas Palestina y Otú localizadas, adyacentes a la zona. Las rocas se caracterizan por ser las más abundantes en la unidad hacen parte del grupo metamórfico de la cordillera central de la edad paleozoica y localizadas en el sinclinal. Las unidades de roca reconocidas en esta cartografía regional corresponden a dos grupos cuarzosos (cuarcitas, cuarcitas biotititas de color oscuro y neis cuarzosos) y calcáreos (mármoles).

La falla Palestina es considerada como una importante falla regional de rumbo con un desplazamiento lateral derecho del orden de 28 kilómetros; a su vez la falla Otú, que también es de rumbo pero con un desplazamiento lateral izquierdo, tiene un desplazamiento de 66 km. Este sistema ha dado origen a otras fallas satélites que afectan las secuencias (ver plano 2).

**2.1.1. Estratigrafía.** Secuencialmente en orden cronológico se describen las unidades de las rocas aflorantes desde los más antiguos hasta los más recientes (ver plano 4).

**2.1.1.1. Cuarcitas, cuarcitas biotititas de color oscuro y neis cuarzosos (nq).** Son rocas ricas en cuarzo que constituyen la unidad cuarcita, las segundas más abundantes dentro de las unidades de rocas metamórficas y son consideradas como resistentes a la meteorización, aunque Algunas veces puede reconocerse por el suelo arenoso, amarillo pálido a gris que produce.

La roca predominante es la cuarcita finamente laminada de menos de 1 a 3 mm de espesor y de color canela claro, estas láminas están compuestas, por grano fino, sacaroidal y separadas entre sí por bandas micáceas de espesor menor a un 1mm compuesta por biotita o moscovita. El cuarzo es por lo general, mayor al 80%, y en algunos lugares hasta el 95%. Los minerales que lo acompañan son feldespato, apatito, zircón, turbalina y grafito. Y las cuarcitas con mayor grado de metamorfismo contienen estauroлита, andalucita, sillimanita y cordierita.

---

<sup>1</sup> González, H., Mapa geológico de Antioquia Escala 1:400.000. Memoria explicativa. Ingeominas. Bogotá. 2001

El resto de la unidad está compuesta por cuarcita de grano fino con biotita parda y por esquistos cuarzo micáceos bien laminados. La biotita no está bien laminada debido a que una pequeña parte de esta en bandas y el resto ocurre diseminado en toda la roca. El contenido de cuarzo está entre 60-80% y los minerales que lo acompañan son los mismos de la cuarcita canela clara. La biotita es poco abundante en esta zona mientras que los esquistos cuarzomicáceos constituyen la mayor parte de la franja cartografiada como cuarcitas a lo largo de la falla Otú. En algunos lugares se encuentra estratificada una cuarcita gráfita negra, con textura sacaoidal. La meteorización produce un suelo arenoso de color negro. Esta cuarcita contiene calcita anhedral y depósito en cristales subhedrales de color blanco hasta 2 cm de largo cerca del río Nare al sur de sur de Caracoli.

Los sedimentos de la unidad cuarcita varían en composición de arena casi pura a limo a cuarcita de color canela moteada, hasta una mezcla de arena cuarzosa y shale limoso para la cuarcita biotítica. La laminación de las cuarcitas grises se deriva de la deposición rítmica de sedimentos cuarzosos interrumpida por capas muy delgadas de shale. El alto contenido de grafito en algunas cuarcitas y el tamaño aparentemente fino, de los sedimentos originales, sugieren una deposición en una cuenca profunda.

**2.1.1.2. Mármoles (m).** Los mármoles se formaron a partir de calizas relativamente puras, por metamorfismo regional, localmente intensificado posteriormente por metamorfismo de contacto producido por el batolito Antioqueño y otros plutones.

La mayor parte de los mármoles se encuentran en tres zonas falladas: una sobre el bloque oeste de la falla Otú hasta el sur de la falla Palestina, los otros están en el bloque este de la falla Palestina desde su intersección con la falla Otú, hacia el sur-suroeste hasta donde los mármoles están cubiertos por sedimentos terciarios del valle del Magdalena y sobre el río Samaná, norte aguas debajo de la desembocadura del río Guatapé.

El tamaño del grano de los mármoles varía de fino a grueso y color de gris oscuro a blanco, estas características están vinculadas al grado de metamorfismo presente. La mayor parte del mármol es de bajo grado de metamorfismo y el tamaño del grano varía de fino a medio y de color de gris oscuro a gris. En los de mayor grado de metamorfismo, ya sea regional o de contacto, el tamaño de grano varía de medio a grueso y color es de gris claro a blanco brillante.

La mayoría de los mármoles están formados por un 80% de calcita y tiene como minerales asociados cuarzo, grafito, feldespato y en los de mayor grado de metamorfismo zoisita-clinozoisita, tremolita, diópsido y wollastonita. El mármol debe su coloración en gran parte al grafito, en los de bajo grado el grafito está finamente diseminado y le da el color oscuro a la roca. En cambio al aumentar el grado de metamorfismo el grafito se cristaliza en láminas cada vez más gruesas y

por lo tanto, el color de la roca no está oscuro. Sin embargo algunos mármoles de grano grueso son oscuros debido, a inclusiones submicroscópicas en la calcita.

Estos mármoles recién quebrados emiten un olor repugnante. En algunos lugares, bancos de 1 a 5 cm de espesor de cuarcitas finogranulares de color gris claro están intercalados rítmicamente con el mármol. Lo que conlleva que la meteorización diferencial ha hecho que estos bancos, relativamente más resistentes sobresalgan.

Los mármoles dolomíticos se encontraron en dos lugares, uno, el mejor conocido actualmente en explotación es una pequeña parte al norte-noreste de Amalfi; el otro se encuentra entre el Jordán y el río Nare donde parte de los lentes de mármol en cuarcita son mármoles dolomíticos con diópsido.

**2.1.1.3. Aluviones del cuaternario (Qal).** Depósitos superficiales no consolidados que forman terrenos relativamente planos en los valles de las tierras altas o extensas planicies del río Magdalena. Estos depósitos son comunes sobre el batolito Antioqueño y los mármoles, y menos comunes sobre rocas metamórficas y feldespáticas y raras, sobre esquistos sericiticos y cuarcíticas.

Estos depósitos del holoceno son mezclas de un material aluvial y coluvial y están compuestos por material meteorizado, mal seleccionado, y poco estratificado o tienen solamente unos pocos horizontes bien seleccionados. Los depósitos tienen generalmente no más de 100m de ancho y la mayoría probablemente son muy delgados porque algunas protuberancias de las rocas de lechos que sobresalen de ellas son comunes.

Los aluviones a lo largo del río Magdalena y sus tributarios son de poca elevación y están bien seleccionados y estratificados con capas, de limo arena y gravas.

**2.1.2. Tectónica.** La zona de interés presentan asociados a zonas falladas por efectos de las fallas de Otú y Palestina, que constituyen un sistema complejo de fallas de rumbo y son las características principales regionales que imperan en el oriente Antioqueño.

**Falla Palestina.** Tiene una longitud de 350 km, corta rocas metamórficas e ígneas al norte de la cordillera central, es una de las principales estructuras regionales que tiene Colombia, tiene una dirección NE y un desplazamiento dextro.

**Falla Otú.** Es llamada así por estar ocupando el valle en donde se localiza el aeropuerto Otú, con dirección NE, tiene una fracturaamiento conjugado distensivo que desplaza al mármol en sentido del rumbo.

## 2.2. GEOLOGIA LOCAL

En las áreas de las licencias de la empresa, se presenta aflorando parte de un cinturón calcáreo de edad precámbrica-paleozoica inferior constituido por mármoles de composiciones y colores variables y en los cuales pueden existir verdaderos depósitos de mármol de diferentes calidades formando estrato intercalados con esquistos y cuarcitas (ver plano 3).

**2.2.1. Estratigrafía<sup>2</sup>.** La siguiente son las unidades litológicas que afloran (ver planos 4 y 5).

**2.2.2.1. Cuarcitas y esquistos cuarzosos.** Delgadas capas de cuarcitas se observaron principalmente hacia el contacto oeste de la unidad de mármoles. Son abundantes en los cuerpos calcáreos observados sobre la quebrada La Arenosa, presentándose los mármoles en formas de hojas, en menor proporción al norte y en la parte media del área.

Estas rocas cuarcíticas se presentan intercaladas rítmicamente con esquistos sericíticos y localmente grafitosos de textura masiva e intensamente replegadas a pequeña escala; también generan suelos residuales de textura areno arcillosa.

**2.2.2.2. Mármoles muro de la dos.** Se presentan estas rocas limitadas tectónicamente al oriente por una faja de esquistos cuarceríticos por medio de la zona de falla aquí denominada falla de La Floresta y los afloramientos de dioritas del Batolito de Segovia. Se encuentran aflorando como cuerpos aislados de paredes altas y verticalizadas (contactos tectónicos) con espesores de 30 a 50 metros y extensiones en el rumbo de máximo 150 metros.

En los mármoles de mayor grado de metamorfismo ya sea regional o de contacto, el tamaño del grano varía de medio a grueso y el color gris claro y blanco brillante. En general los mármoles de Playas La Unión, como los de muro de la dos presentan grano grueso y una estructura granoblástica y con bandeamiento difuso. Sólo donde las intercalaciones de cuarcitas son más notorias, se aprecia el bandeamiento y relegamiento hasta en tercera generación imprimiendo un claro aspecto neísico.

La edad relativa de estos mármoles con relación al cuerpo plutónico que aflora al este del área indica que si existió afectación termal durante su intrusión (Jurásico) y por lo tanto tuvo afectación térmica sobre los cuerpos calcáreos generando un metamorfismo termal y por lo tanto un mejor desarrollo del tamaño de grano.

---

<sup>2</sup> Programa de trabajos y obras cementos Nare. 2013

Los mármoles en general presentan superficialmente una estructura kárstica, se encuentran localmente fuertemente fracturados, y seguramente afectados por fallamiento normal, bloques hundidos y la generación de grietas de disolución a profundidad.

## 2.3. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

El yacimiento de la empresa, proviene probablemente de calizas de medio a fino, compuestas esencialmente de Monóxido de Calcio (CaO), depositados en un mar poco profundo, en una facies alternamente, carbonatada areno arcillosa

**2.3.1. Descripción geológica.** Los estratos que forman el yacimiento, presentan un rumbo SW y un buzamiento NE. Este yacimiento conformado tiene una potencia de 103 m de espesor el cual está constituido por una sucesión de bancos de caliza intercalados con esquistos negros y verdes y dioritas bastante meteorizadas.

Los bancos de caliza varían de 2 metros a 17 metros aproximadamente para cemento gris y uno de aproximadamente 5 metros para cementos blanco.

**2.3.2. Análisis químico de la caliza.** A continuación se describe la composición petrográfica de los afloramientos de caliza del grupo calcáreo (ver cuadro 2)

Cuadro 2. Análisis químicos de los bancos de caliza de interés económico

ID Muestra	Fecha Muestra	LOI	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3
MUESTRA1	11/08/2008	43,54	0,52	0,09	0,05	55,47	0,39	0,03
MUESTRA3	11/08/2008	43,45	0,69	0,05	0,03	55,44	0,24	0,03
MUESTRA4	11/08/2008	43,45	10,34	0,07	0,04	45,31	0,32	0,03
MUESTRA5	11/08/2008	43,53	0,37	0,07	0,03	55,01	0,46	0,05
MUESTRA2	11/08/2008	43,06	15,14	0,06	0,02	39,59	0,28	0,04
MUESTRA6	11/08/2008	31,85	26,58	0,20	0,23	40,35	0,37	0,12
MUESTRA7	11/08/2008	29,52	30,65	0,91	0,24	37,45	0,36	0,25

Fuente: Informe Análisis Químico de los Bancos de Caliza, Cementos Argos S.A. 2008.

## 2.4. CALCULO DE RESERVAS

Se entiende por reservas los depósitos conocidos e identificados en los cuales el mineral o minerales pueden ser extraídos con beneficio económico, con la tecnología actual y bajo los parámetros económicos actuales.

Las reservas medidas o probadas son aquellas partes del yacimiento (por ejemplo bloques) que se conocen en todas sus zonas y con un margen de error del 10%, mientras que las indicadas o probables solo se conocen en algunos de sus lados y presentan un margen de error entre el 20 y 30%. A su vez, las inferidas o posibles se definen como las conocidas exclusivamente por un lado de los trabajos mineros, por algunos sondeos o por supuestos geológicos<sup>3</sup>.

Para el caso de la cantera Muro de la Dos se aplica el cálculo partiendo de los contornos estructurales de los diversos bancos y de su techo y piso, realizando el cálculo de estas, hasta los linderos de nuestra área. De acuerdo a lo anterior la cantera Muro de la Dos cuenta actualmente con cerca de 423.600 millones de toneladas indicadas debido a la falta de información geológica detallada en profundidad ya que no se cuenta con perforaciones, se toman los datos de espesor, rumbo y buzamiento se toman los datos en la zona de estudio, para calcular estas (ver anexo A).

La relación de descapote que se maneja actualmente en la cantera es de aproximadamente  $\frac{1}{2}$ , es decir por cada metro cubico de estéril removido, se extraen dos toneladas de caliza. El método escogido para calcular las reservas medidas es el de volumen neto entre techo y piso de los estratos de caliza, el cual lo facilita Gemcom.

---

<sup>3</sup> Pérez, Edgardo, Torres, Edelberth, Diseño y Cálculo del Método de Explotación para la Cantera Santa Cecilia Localizada En El Municipio De Nobsa, Aplicativo Gemcom Surpac. Boyacá, Sogamoso. 2013.

### 3. CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO

El aprovechamiento de recursos naturales requiere de la ejecución de actividades que alteren las condiciones naturales de terreno, involucrando cambios importantes en el suelo y el macizo rocoso, por tal razón es importante la cuantificación de las características estructurales, geomecánicas de la roca circunstante y de las estructuras presentes, para desarrollar una explotación racional, segura y rentable; su aplicación en el macizo está orientada al diseño y planeamiento de la excavación, selección de equipo, diseño de perforación y voladura, y estabilidad de taludes para una explotación de manera segura.

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO

La descripción y clasificación física y mecánica de un macizo rocoso es de gran importancia debido a la gran cantidad de obras que, sobre estos se desarrollan, por tal razón se hace necesario realizar una serie de estudios y pruebas con el fin de conocer las características del material sobre el cual se planea la explotación<sup>4</sup>.

**3.1.1 Propiedades físicas.** Depende en gran medida de los minerales constituyentes de la roca. Algunas propiedades físicas como la orientación de los cristales o granos, se conoce como el nombre de anisotropía. Otras propiedades dependen del tipo de forma, disposición en el espacio, condiciones de presión y temperatura, de presencia o ausencia de fluidos, porosidad de las rocas etc., razón por la cual, según los factores que presentan la roca en cada afloramiento no van coincidir exactamente, si no que se mantendrán dentro de ciertos rangos. La determinación de propiedades físicas es de gran importancia puesto que ellas aportan características que permiten describir el macizo, como la deformabilidad, resistencia o permeabilidad, y de acuerdo a esto establecer la primera caracterización del macizo rocoso en el área de estudio<sup>5</sup> (ver cuadro3).

Cuadro 3. Ensayo de propiedades físicas

ENSAYO	SIMBOLO	UNIDAD	BANCO
Peso específico	Y	KN/m <sup>3</sup>	24.7
Humedad	$\omega$	%	0.26
Porosidad	$n$	%	3.39
Saturación	S	%	26.62

Fuente: Datos de Estudio

---

<sup>4</sup> Polo, Lía Sared. Guerra, José Rodolfo. Evaluación Minera y Estabilidad de los Taludes y Bancos De Explotación De La Empresa Agregados Santa Lucia, En El Frente Santa Lucia, En El Municipio De Cuaita, Boyacá. 2010.



**3.1.2 Propiedades mecánicas.** Es la capacidad que tiene la roca para resistir fuerzas internas o externas, estas propiedades son influenciadas por grado de fracturamiento, meteorización, presencia de agua, orientación y característica de discontinuidades, tamaño de bloques<sup>5</sup>. Son obtenidas esencialmente en laboratorio y con información in situ. Actualmente estas propiedades permiten predecir determinar la calidad del macizo rocoso.

Para el estudio geotécnico de la cantera Muro de las Dos, se optó por realizar mediciones in-situ empleando el martillo Schmidt, con el fin de estimar la resistencia a la compresión simple.

Previo a la ejecución de la secuencia de ensayos se realiza la prueba de funcionamiento del martillo mediante el yunque de prueba para determinar el factor de corrección, para este caso se proporcionó un valor 1.05. La corrección de los datos se realiza multiplicando el valor de cada una de las lecturas obtenidas por el coeficiente de corrección (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Valores del martillo

ZONAS DE VALORES	LECTURA PROMEDIO MARTILLO SHMIDT	LECTURA CORREGIDA OBTENIDA (Mpa)
zona 1	30	31.5
zona2	23	24.15
zona 3	27	28.35

Fuente: Datos de Estudio

Para estimar la resistencia de compresión simple se toma la medida del rebote corregida se correlaciona con la resistencia mediante el gráfico de MILLER que tiene en cuenta la densidad de la roca la orientación del martillo respecto a plano de la roca ensayada. De los anteriores resultados se estableció un promedio para el valor de la resistencia a la compresión simple para la zona de 160 Mpa (ver cuadro 5).

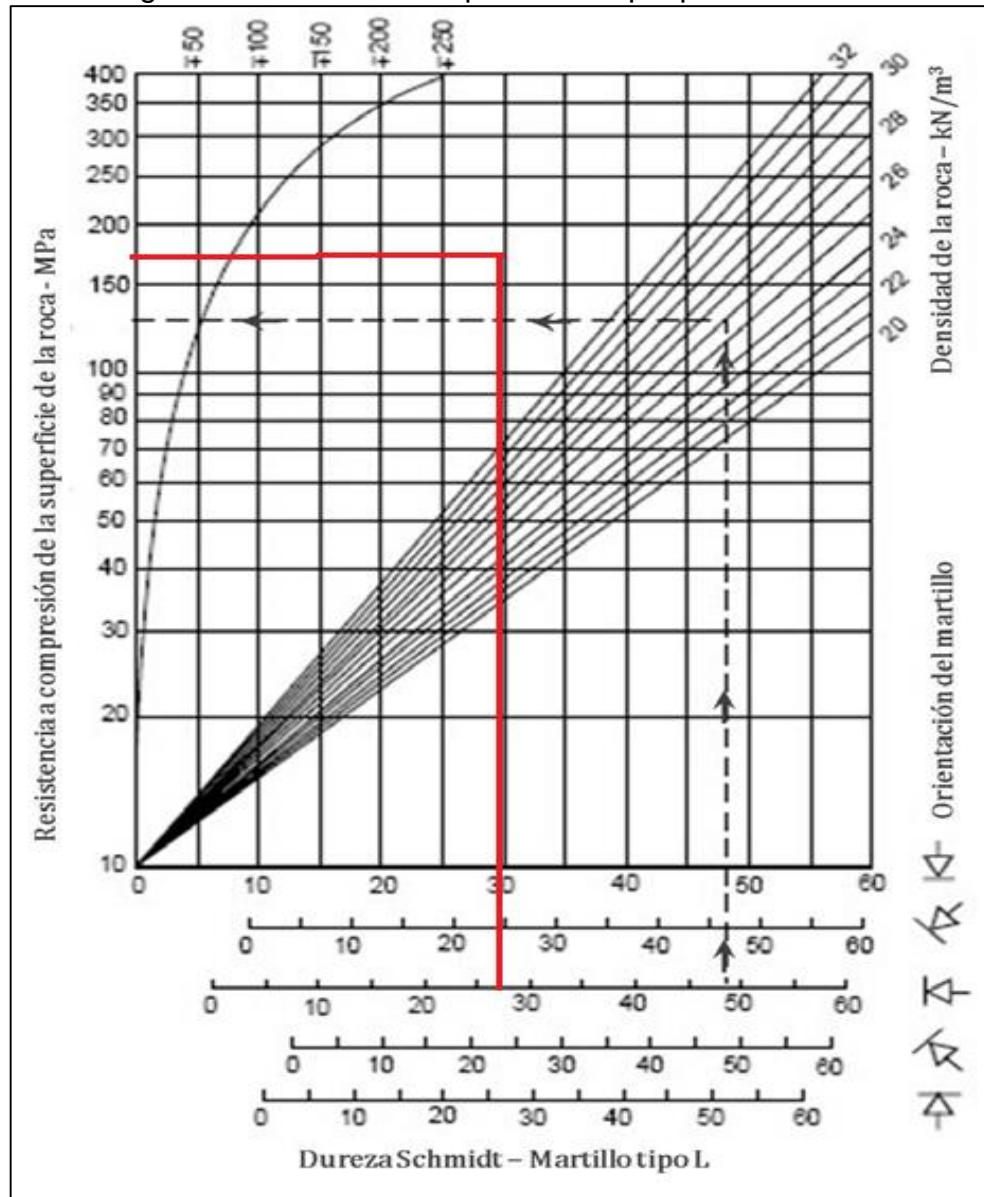
## 3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS DIACLASAS

**Orientación.** En el macizo rocoso la estabilidad en el talud, depende de su orientación con respecto a las discontinuidades. Se puede establecer en términos de dos convenciones buzamiento y dirección de buzamiento (ver anexo A).

---

<sup>5</sup> Vallejo, Luis I. Ferrer, Mercedes. Ortuño, Luis. Oteo, Carlos. Ingeniería Geológica, Pearson Educación, Madrid, Cap. 3, 2002.

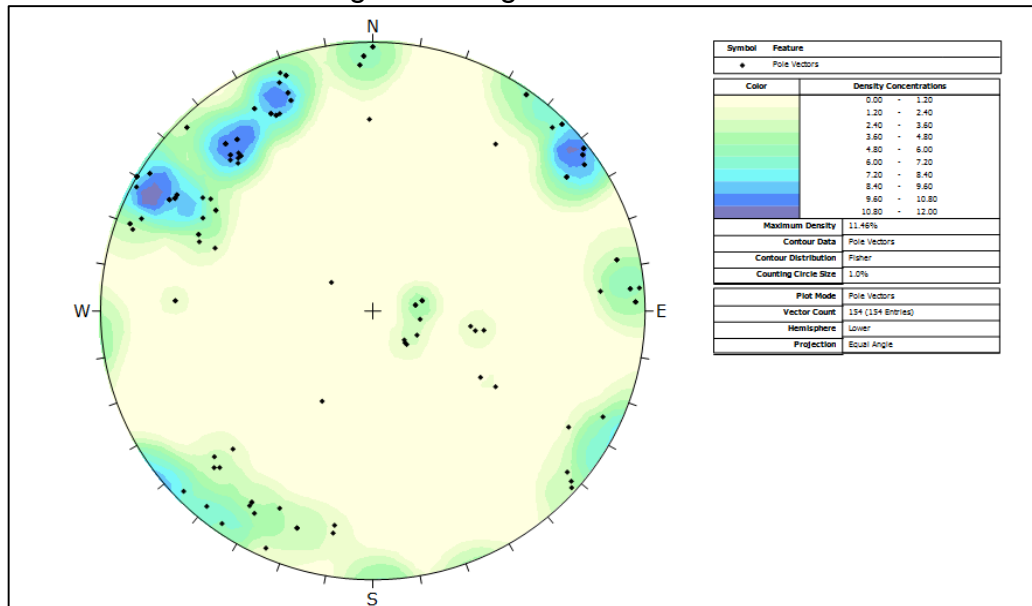
Figura 1. Valores de compresión simple para el martillo



Fuente: Ingeniería Geológica, Luís Gonzales de Vallejo, 2002

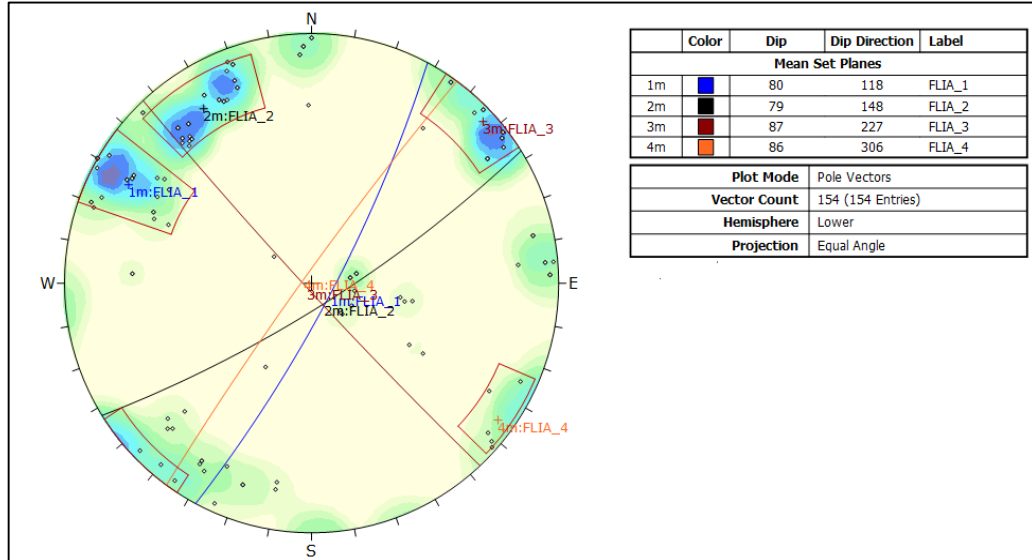
A continuación se muestran los datos de diaclasas presentes en el macizo rocoso, los cuales fueron analizados con el programa DIPS de ROCSCIENCE, en que se ingresaron datos de buzamiento y dirección de buzamiento, obteniendo el diagrama de contornos, representación de los polos y las familias representativas del área.

Figura 2. Diagrama de Polos



Fuente: Programa ROCSCIENCE Dips

Figura 3. Diagrama de contornos



Fuente: Programa ROCSCIENCE Dips

**Familias principales representativas.** De los anteriores diagramas se establecen los puntos de mayor concentración, que representan los polos para una familia determinada. En general la zona muestra cuatro direcciones de fracturamiento (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Principales familias de discontinuidades

ZONA	FAMILIA	RUMBO	BUZAMIENTO
Zona de estudio	1	N30°E	80°SE
	2	N50°E	74°SE
	3	S87°W	35°NW
	4	N70°E	86°SE

Fuente: Datos de estudio

**Espaciamiento.** El espaciamiento entre los planos de discontinuidad condicional el tamaño de los bloques de macizo rocoso y controla el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

De acuerdo al levantamiento de discontinuidades predominan los espacios entre 0.5 y 2 cm lo que quiere decir que estará controlado por las propiedades del macizo (ver cuadro 6).

**Rugosidad.** La descripción y medida de la rugosidad tiene como principal finalidad la evaluación de resistencia al corte de los planos, que para discontinuidades sin cohesión puede ser estimado a partir de datos de campo y de expresiones empíricas; la rugosidad aumenta la resistencia al corte, decrece con el aumento de abertura y por lo general con la presencia del relleno en el macizo rocoso. La rugosidad en el macizo rocoso se caracteriza por tener planos de discontinuidad ondulada rugosa donde se aprecia que el material rocoso no está meteorizado, lo que aumenta la resistencia la corte en las paredes (ver cuadro 6).

**Abertura.** En la distancia medida perpendicularmente que separa las paredes de la discontinuidad. Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un macizo rocoso. La influencia de la abertura en la resistencia al corte de la discontinuidad es importante ya que modifica las tensiones efectivas que actúan sobre las paredes entre las caras o labios de las diaclasas. En el macizo rocoso las aberturas están entre 0.5 y 2 cm (ver cuadro 6).

**Relleno.** Hace referencia al material presentes entre los labios de las discontinuidades cuando están abiertas; en algunas diaclasas del macizo se encuentran rellenos de arcillas y calcita los cuales no poseen un espesor muy importante por lo no existe posibilidad de rotura por el relleno (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Caracterización de las diaclasas

Parámetros	Características					
<b>Espaciado</b>	Muy juntas (5cm)	Bastantes próximas (5 – 30cm)	<b>Próximas Entre (0.3 – 1m)</b>	Separadas entre (1 – 3m)	Muy Separadas (mayor a 3m)	
<b>Abertura</b>	Cerrada	Ligeramente abierta (0.5cm)	<b>Abierta (0.5-2cm)</b>	Muy abierta (2-5cm)	Extremadamente abierta (mayor a 5cm)	
<b>Rugosidad</b>	Lisa	<b>Rugosa</b>	Muy rugosa	Estrías por fricción		
<b>Relleno</b>	<b>Arcilla</b>	Limo	Arena	Roca triturada	Óxido de hierro	Otros (calcita)
<b>Consistencia del relleno</b>	Dura	<b>Medio dura</b>	<b>Blanda</b>			
<b>Presencia de agua</b>	<b>Seco</b>	Infiltración				

Fuente: Excavaciones subterráneas en roca Hoek y Brown 1985.

### 3.3. CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO

Para realizar la caracterización del macizo rocoso se tuvieron en cuenta las clasificaciones geomecánicas RMR (Bieniawski, 1989) y GSI (Hoek, Brown, 1997) para cada una de zonas presentes en el macizo rocoso, con el fin de obtener sus características representativas<sup>6</sup>. Dichas clasificaciones se basan en diferentes propiedades como se presentara posteriormente.

**3.3.1 Índice de calidad de la roca RQD.** Es el índice cualitativo de la calidad de la roca. Este parámetro se puede determinar a partir de número de núcleos de roca recuperados en sondeos con una longitud mayor de 10cm, a partir del número volumétrico de juntas<sup>7</sup> (Jv) propuesta (Palmström, 1982)<sup>8</sup>, y por la frecuencia de las discontinuidades ( $\lambda$ ) (Priest, Hudson, 1976), que indica el número de juntas por metros lineal en el macizo. Para el proyecto se determinó mediante último método.

La siguiente expresión proporciona el valor teórico mínimo de RQD:

$$RQD = 100 * (0,1\lambda + 1)e^{-0,1\lambda}$$

El término  $\lambda$  es la frecuencia promedio calculada por medio de la siguiente fórmula:

<sup>6</sup> Hoek, E. Brown. Practical Estimates On Rock Mass Strength. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geo. 1997.

<sup>7</sup> Palmstrom, A. The Volumetric Joint Count - A Useful And Simple Measure Of The Degree Of Rock Mass Jointing. pág. 221-228. IAEG Congress, New Delhi. 1982..

<sup>8</sup> PRIEST. D., HUDSON J. A. Discontinuity Spacing in Rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech Abstr. Vol 13, pág. 135-148. Pergamon Press, Great Britain. 1976.

$$\lambda = \frac{1}{\bar{\chi}}$$

Donde:

$\bar{\chi}$  = Espaciamiento promedio = 25 cm.

$$\lambda = \frac{1}{25\text{cm}} * \frac{100\text{cm}}{1\text{m}}$$

$\lambda = 4$  discontinuidades/metro

$$\text{RQD} = 100 * (0,1 * 4 + 1) e^{-0,1*4}$$

$$\text{RQD} = 93,84 \approx 94.$$

De acuerdo a que se determinó el RQD por medio de dos teorías, por autónoma decisión, se decidió clasificar el macizo rocoso con el RQD = 94, ósea por el determinado con el método ScanLine propuesto por Priest S. y Hudson J.

Cuadro 7. Índices de calidad de la roca

RQD	CALIDAD DE LA ROCA
<25	Muy mala
25 – 50	Mala
<b>50 – 75</b>	<b>Regular</b>
75 – 90	Buena
90 – 100	Muy buena

Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca Hoek y Brown 1985

El macizo rocoso presento una calificación entre 90 -100 dando como resultado una calidad de muy buena.

Cuadro 8. Clasificación RMR

PARAMETRO		ESCALA DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	Carga por punta	>80Kg/cm <sup>2</sup>	<b>40-80 Kg/cm<sup>2</sup></b>	20-40 Kg/cm <sup>2</sup>	10-20 Kg/c m <sup>2</sup>	<10 Kg/cm <sup>2</sup>		
		Compresión simple	>2000 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>1000-2000 Kg/cm<sup>2</sup></b>	500-1000 Kg/cm <sup>2</sup>	250-500 Kg/c m <sup>2</sup>	100-250 Kg/c m <sup>2</sup>	30-100 Kg/c m <sup>2</sup>	10-30 Kg/c m <sup>2</sup>
	VALOR		15	<b>12</b>	7	4	2	1	0
2	RQD	<b>90-100%</b>	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	VALOR	<b>20</b>	17	13	8	3			

Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca Hoek y Brown 1985

Cuadro 9. Clasificación RMR (Continuación)

PARAMETRO			ESCALA DE VALORES				
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS		>3m	1-3m	0.3-1m	50-300mm	<50mm
	VALOR		30	25	20	10	5
4	CONDICIONES DE LAS JUNTAS		Muy rugosas sin continuidad, cerradas, rocas labios dura	Ligeramente rugosas, separación<1 mm. Rocas labios dura	Ligeramente rugosas, separación<1 mm. Rocas labios blanda	Espejo de falla o relleno de espesor<5 mm 0 abiertas 1-5mm, continuas	Relleno blando de espesor <5mm o abiertas >5mm continuas
	VALOR		25	20	12	6	0
5	AGUAS	CONDICIONES GENERALES	Completamente seco		húmedo de agua intersticial	Agua a presión moderada	Agua a presión moderada
	VALOR		10		7	4	0

Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca Hoek y Brown 1985

Cuadro 9. Corrección por orientación e inclinación de las discontinuidades

DIRECCION Y RUMBO DE LAS DISCONTINUIDADES	MUY FAVORABLES	FAVORABLES	REGULARES	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	35	-50	-60
Valores	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca Hoek y Brown 1985

Cuadro 10. Determinación de clases de Macizo

Puntaje total del R.M.R	100-81	80-61	60-41	40-21	-20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno.	Bueno.	Medio.	Malo.	Muy Malo.

Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca Hoek y Brown 1985

Al terminar la clasificación geomecánica del macizo según RMR; se aplica un factor por corrección de orientación de discontinuidades, en el que se determinó la orientación del talud con respecto a las discontinuidades es favorables (-5), que al restárselo el valor RMR 82 dada por la clasificación general, el resultado es clasificación 77; el cual corresponde a una clasificación del macizo rocoso de clase

II, con calidad de roca buena, una cohesión que oscila entre 3-4 Kp/cm y un ángulo de fricción que esta entre un rango de 35°- 40°

**3.3.2 Clasificación según el Índice geológico de resistencia (GSI).** propuesto por Hoek en 1995, evalúa la calidad del macizo rocoso dependiendo del grado y características del fracturamiento.

La aplicación de este criterio de ruptura se requiere la valoración de algunas propiedades del macizo rocoso como son:

- Valuación del GSI (versión 2002), Índice Geológico de resistencia. Se determinó mediante la valoración del RMR, para aplicación de criterio el macizo debe tener una calidad de media a muy buena, es decir el índice de RMR debe ser mayor a 25. Como RMR obtenido es 77, el GSI se obtiene de la siguiente relación.

$$GSI = RMR_{89} - 5.$$

$$GSI = 77 - 5$$

$$GSI = 72.$$

A continuación en la figura se muestra el nomograma donde obtuvo, un frente bueno; con superficies rugosas, ligeramente alteradas y estructuras de bloques regulares (ver figura 4).

- Valuación de las constantes  $m_i$  (versión 2002). Se determinó mediante el tipo de roca y se escogió su valor, de la categoría correspondiente al tipo de yacimiento, perteneciente a calizas esparítica.

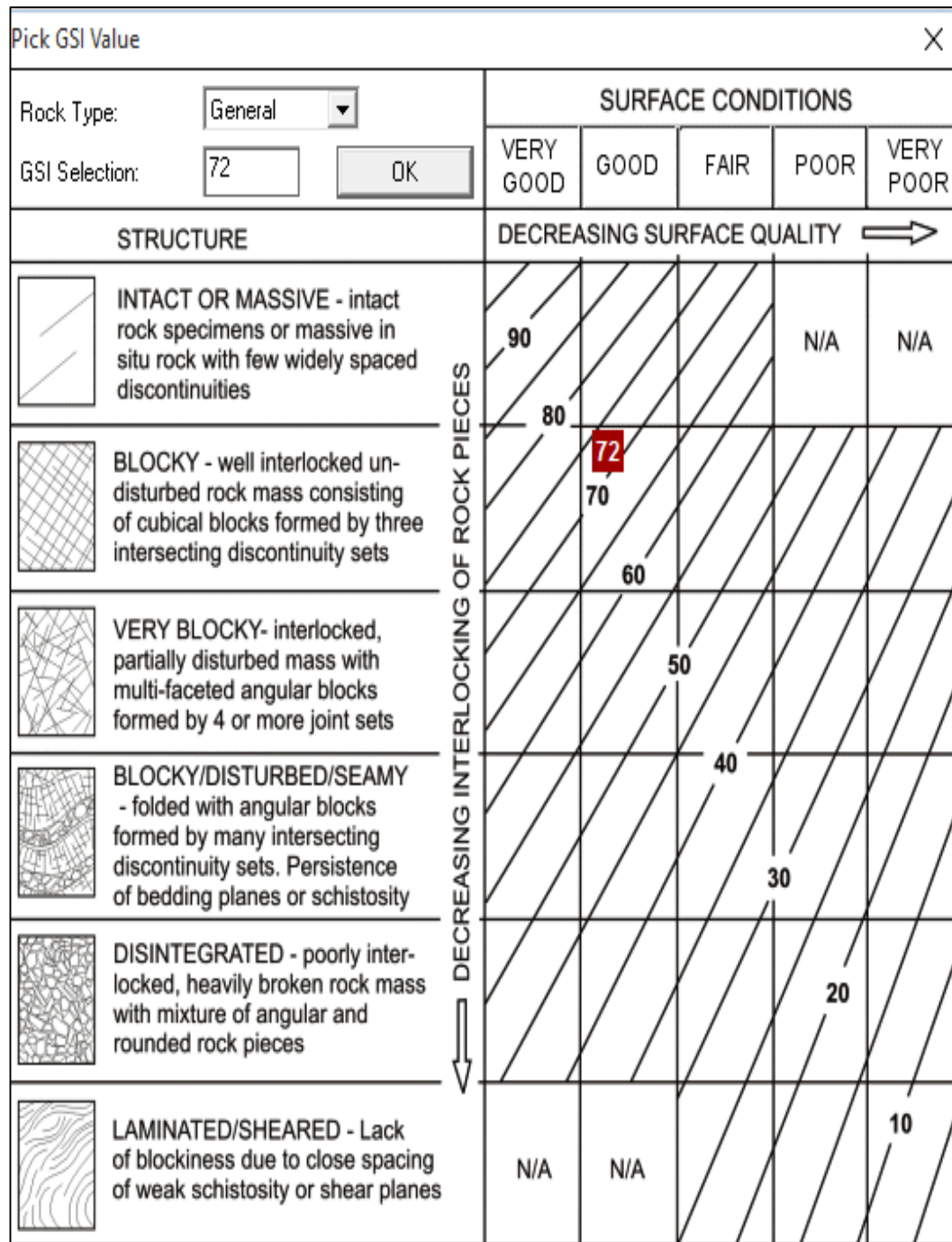
De acuerdo a la aplicación de la tabla de valores de la constante  $m_i$ , para las calizas esparítica del macizo rocoso en estudio se obtuvo un valor de  $m_i = 10$  en el cuadro (ver figura 5).

- Factor D, éste está directamente relacionado con el grado de perturbación del macizo rocoso debido a las perforaciones y voladuras, y a la relajación de esfuerzos, este varía desde 0 para macizos rocosos no perturbados in-situ a 1 para macizos rocosos muy perturbados (ver figura 6)

En esta parte se presentan el cálculo de las propiedades resistentes, se utilizó el programa RocLab, el cual está basado en la aplicación del Criterio Generalizado de Hoek & Brown, en su última edición (2002), mediante el cual se emplearon como parámetros de entrada al programa los valores encontrados en las figuras anteriores, y además datos calculados en laboratorios, como el resultado peso específico de la roca.



Figura 4. Nomograma de estimación del índice GSI, en bases a descripciones geológicas (Hoek & Brown 1997)



Fuente: Gonzales de Vallejo Luis I, Ingeniería geológica, (2002)

Figura 5. Valores de la constante  $m_i$  para rocas intactas por grupos de roca

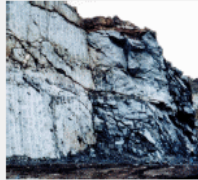
Tipo de Roca	Clase	Grupo	Textura			
			Grueso	Mediano	Fino	Muy fino
Sedimentaria	Clástica		Conglomerado (22)	Arenisca 19	Limonita 9	Lutita 4
			.....Grauvaca..... (18)	.....Greda..... 7	.....Carbón..... (8-21)	
	No Clástica	Orgánica				
		Carbonatada	Brecha (20)	Caliza Esparítica (10)	Caliza Micrítica 8	
		Química		Yeso 16	Anhidrita 13	
	No foliada		Mármol 9	Hornfels (19)	Cuarcita 24	
Metamórfica	Ligeramente foliada		Magmatita 30	Anfibolita 31	Milonita 6	
	Foliada *		Gneis 33	Esquisto (10)	Filita (10)	Pizarra 9
Ignea	Transparente		Granito 33		Riolita (16)	Obsidiana (19)
			Granodiorita (30)		Dacita (17)	
			Diorita (28)		Andesita 19	
	Opaco		Gabro 27	Dolerita (19)	Basalto (17)	
			Norita 22			
	Tipo extrusiva piroclástica		Aglomerado (20)	Brecha (18)	Tufo (15)	

Fuente: Hoek, Brown, Failure Criterion, 2002

Figura 6. Evaluacion del factor de Perturbacion

Disturbance Factor D


Application: ☐ Tunnels ☒ Slopes



Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.

D=0.7  
Good Blasting

D=1.0  
Poor Blasting



Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal.

D=1.0  
Production Blasting

In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.

D=0.7  
Mechanical Excavation

Disturbance Factor: 1

OK Cancel

Fuente: Hoek, Brown, Failure Criterion, 2002

A continuación podemos observar en las siguientes figuras 7 y 8, la aplicación del programa RocLab, el cual nos brinda una ayuda para encontrar algunos parámetros como son los de Hoek y Brown, y también nos dan resultados de la roca.

Figura 7. Parámetros de entrada en la aplicación del programa RocLab, aplicándolo para el talud actual

Hoek-Brown Classification	
sigci	160 MPa
GSI	72
mi	10
D	1

Hoek-Brown Criterion	
mb	1.353
s	0.0094
a	0.501
$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$	

Failure Envelope Range	
Application:	Slopes
sig3max	0.2158 MPa
Unit Weight	0.024 MN/m3
Slope Height	8 m


  

Mohr-Coulomb Fit	
c	2.362 MPa
phi	56.69 deg

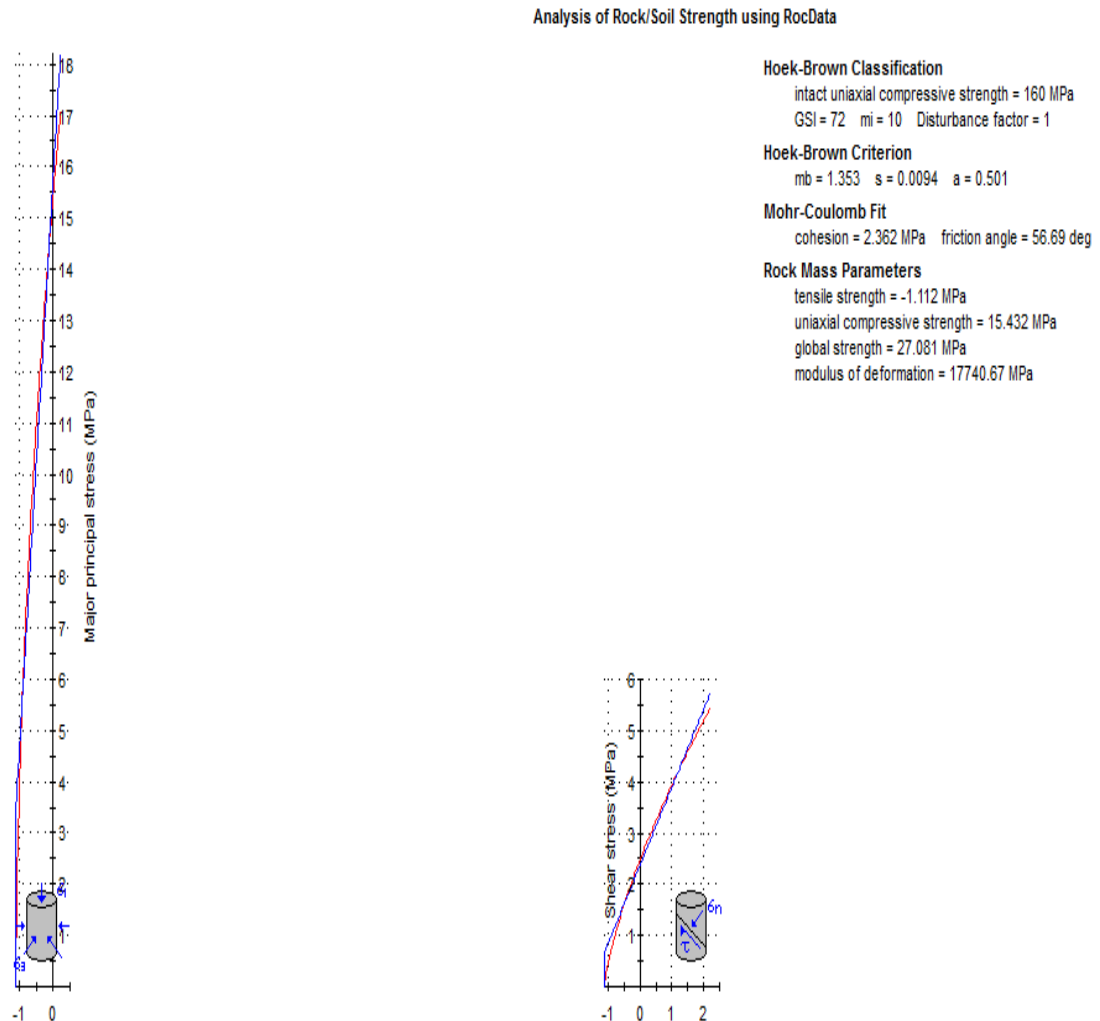
Rock Mass Parameters	
sigt	-1.1117 MPa
sigc	15.432 MPa
sigcm	27.081 MPa
Em	17740.67 MPa

 Copy Data

Fuente: Datos de estudio

Figura 8. Resultados del criterio de la ruptura de Hoek y Brown por medio de software Roc-Lab



Fuente: Datos de estudio

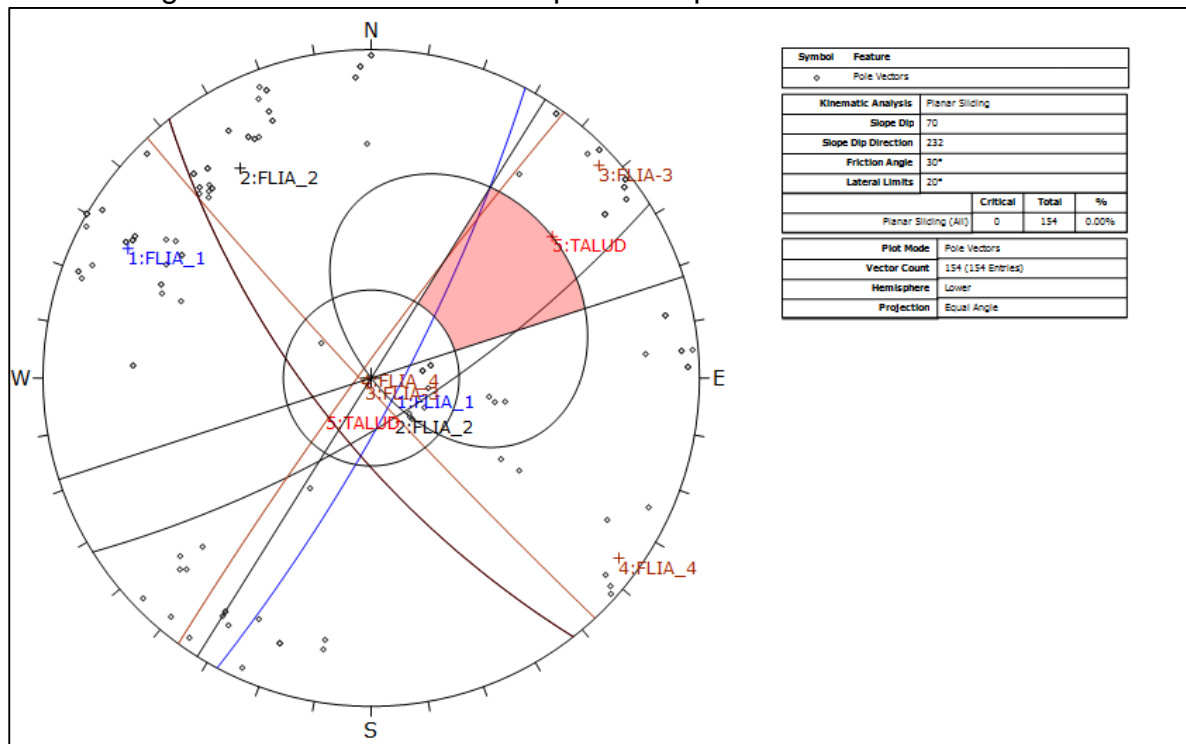
### 3.4. ANALISIS CINEMATICO

Analizar la estabilidad talud realizado en macizo rocoso fracturados, es importante para determinar si la orientación de las discontinuidades podría resultar en inestabilidad del talud, a lo cual conocemos como orientación desfavorable de este con respecto a las discontinuidades. Esta determinación es realizada por medio de análisis estereográfico de la fábrica estructural denominado análisis cinemático.

**3.4.1 Análisis cinemático para falla planar.** Tiene en cuenta tres condiciones estructurales así:

- La inclinación del talud debe ser mayor que la inclinación del plano de deslizamiento.
- La inclinación de la superficie de falla sea mayor que el ángulo de fricción interna a lo largo de la discontinuidad.
- Tolerancia de 20° en la dirección de inclinación del talud.

Figura 9. Análisis cinemático para falla planar talud único vertical



Fuente: Datos de Estudio

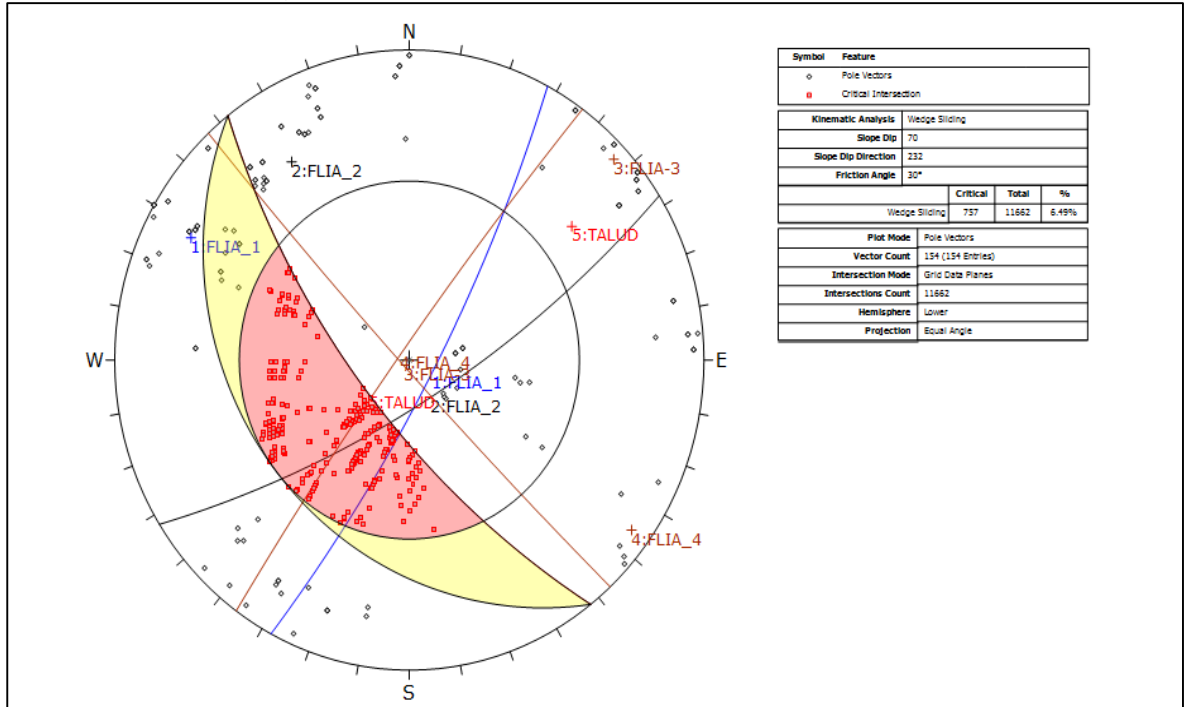
Como se puede observar en la figura 9, la zona de falla planar no presenta concentración de polos, lo que indica que las posibilidades de que se presente este mecanismo de falla son muy baja.

**3.4.2 Análisis cinemático para falla por cuña.** Se tiene en cuenta las siguientes condiciones estructurales así:

- Los planos de discontinuidad deben salir a la cara del talud.
- La inclinación del talud debe ser mayor a la inclinación de la línea de intersección de dos familias de discontinuidades de discontinuidades.

- La tolerancia de 20° en la dirección de la cuña con respecto a la dirección de inclinación del talud.

Figura 10. Análisis para falla por cuña en taludes



Fuente: datos de estudio

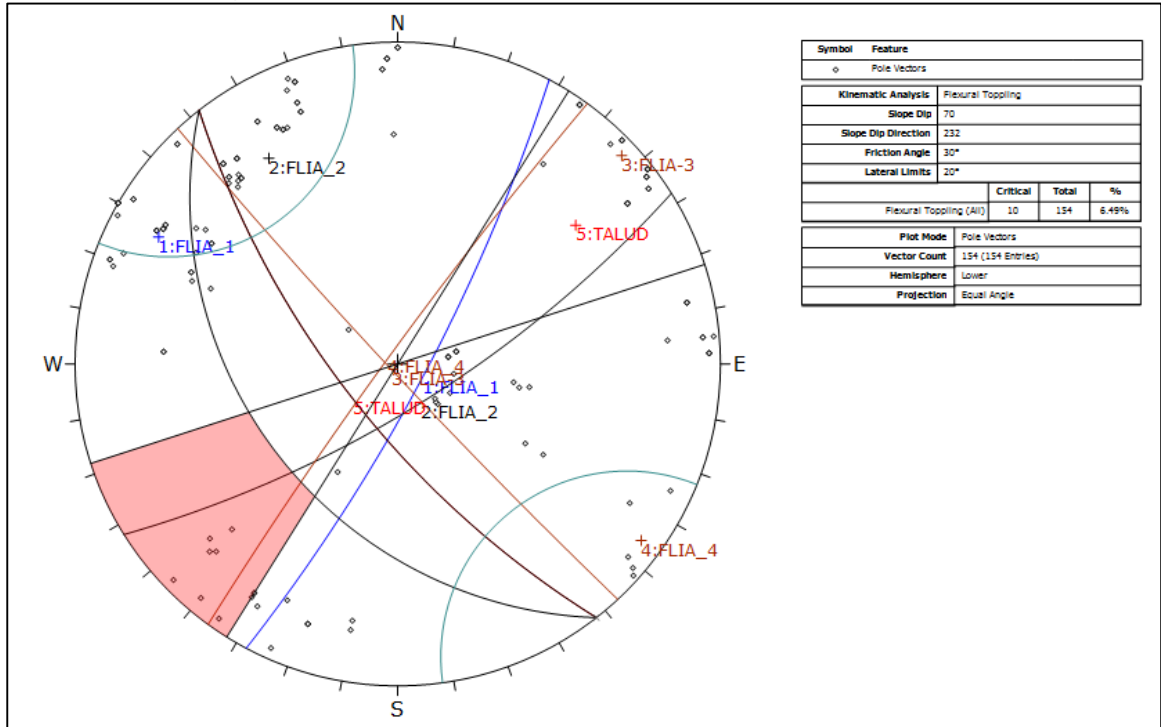
Se observa en la figura 10 un área de riesgo de falla en cuña. Para que esta falla pueda ocurrir alguna intersección de dos familias deberían caer en esta zona, en este caso la familia 2 y 4, por lo tanto se puede presentarse este mecanismo de falla.

**3.4.3 Análisis cinemático para falla por volcamiento.** Se tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- Inclinación del talud e inclinación de los estratos es mayor a 65°.
- Estratificación que tengan buzamiento contrario a la inclinación del talud, pero con rumbos paralelos o subparalelos en una tolerancia de 30°.

Las posibilidades que se presente este mecanismo de falla son muy baja; ya que no se cumple con unas de las condiciones mínimas como es que la dirección de los estratos sea contraria a la dirección del talud (ver figura 11).

Figura 11. Análisis para falla por volcamiento en taludes



Fuente: datos de estudio

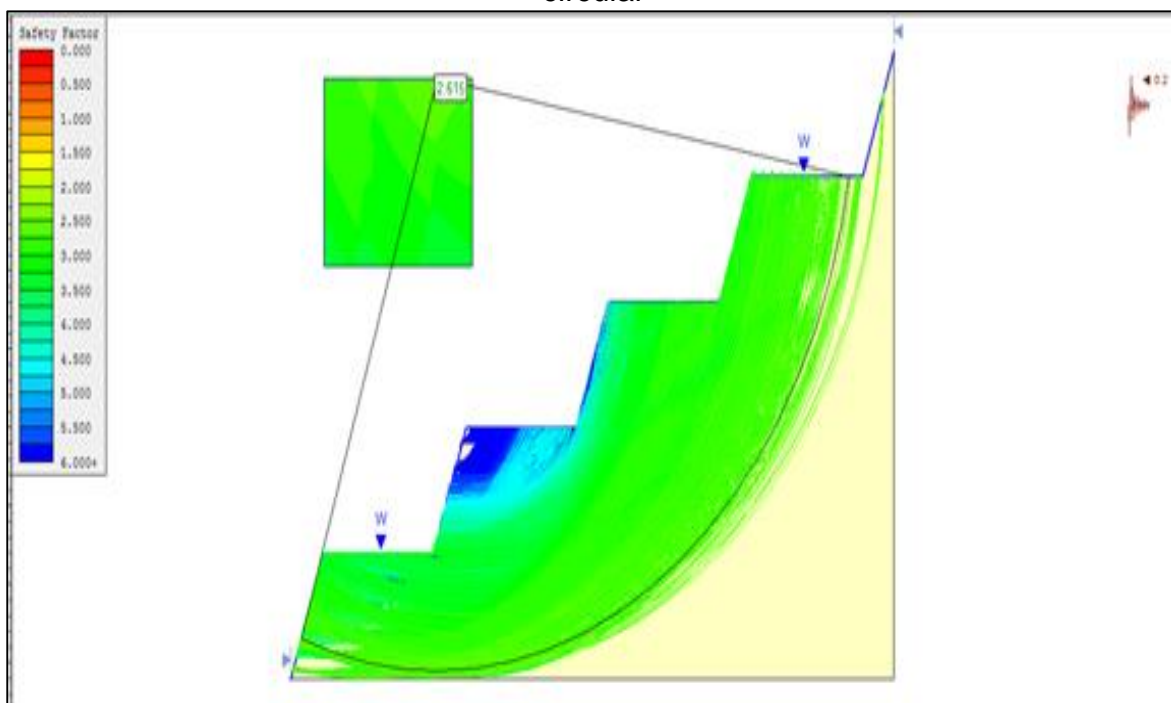
### 3.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL NO CONTROLADO

**3.5.1. Análisis circular.** El análisis por falla circular es necesario ya que esta por lo general ocurre en terrenos arcillosos y como sabemos en el área de estudio encontramos en los respaldos de la caliza, arcillas, algo compactas. Para esto Slide 5.0 analiza la estabilidad usando métodos de equilibrio límite localizando el sitio de falla.

Después del análisis con Slide 5.0 se puede determinar que no hay riesgo por falla circular en los taludes en explotación ya que el factor de seguridad calculado es muy bueno para la geometría propuesta (ver figura 12).

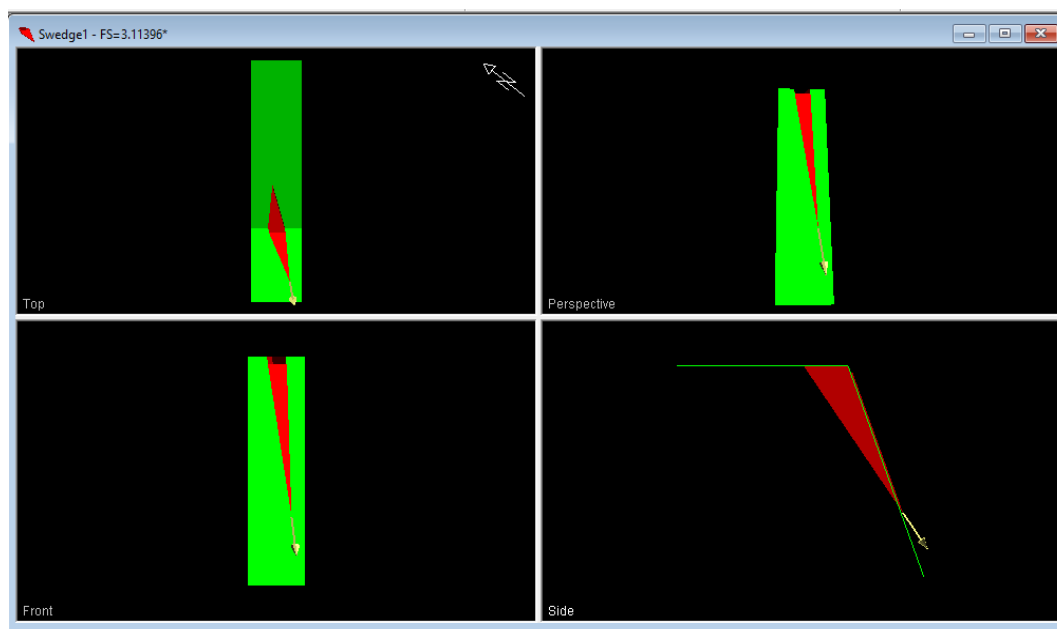
**3.5.2. Análisis por falla en cuña.** El análisis de falla por cuña y el cálculo del factor de seguridad es necesario hacerlo mediante el software Swedge el cual permite simular distintos escenarios para el caso de falla por cuña, con base a todas las combinaciones que pueden existir de distintas familias de discontinuidades, geometría del talud y parámetros que definen la resistencia de la roca, etc (ver figura 13).

Figura 12. Evaluación del factor de seguridad para el análisis de rotura por falla circular



Fuente. Slide Roscience

Figura 13. Evaluación del factor de seguridad para el análisis de rotura por falla en cuña



Fuente: Roscience Swedge



Según las características que presenta el área de influencia y la geometría propuesta, se puede concluir que es poco probable que se presente falla por cuña debido a que el factor de seguridad es alto para las nuestras condiciones (ver figura 14).

Figura 14. Datos de entrada al software Swedge para el cálculo del factor de seguridad

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	79	148	2.36	56.69
Joint Set 2	86	306	2.36	56.69
Upper Face	0	90		
Slope Face	70	232		

Slope Properties	
Slope Height (m)	8
Unit Weight (t/m3)	2.4
<input checked="" type="checkbox"/> Bench Width (m)	10
<input type="checkbox"/> Overhanging	

<input type="checkbox"/> Tension Crack Dip (deg) 70 Dip Direction (deg) 165 Trace Length (m) 12	Safety Factor = 9.63116 Wedge Weight = 8.2416 tonnes Sliding on Line of Intersection: Trend = 221.77 Plunge = 55.1817
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

Fuente: Roscience Swedge

## 4. DISEÑO MINERO

### 4.1 INFRAESTRUCTURA

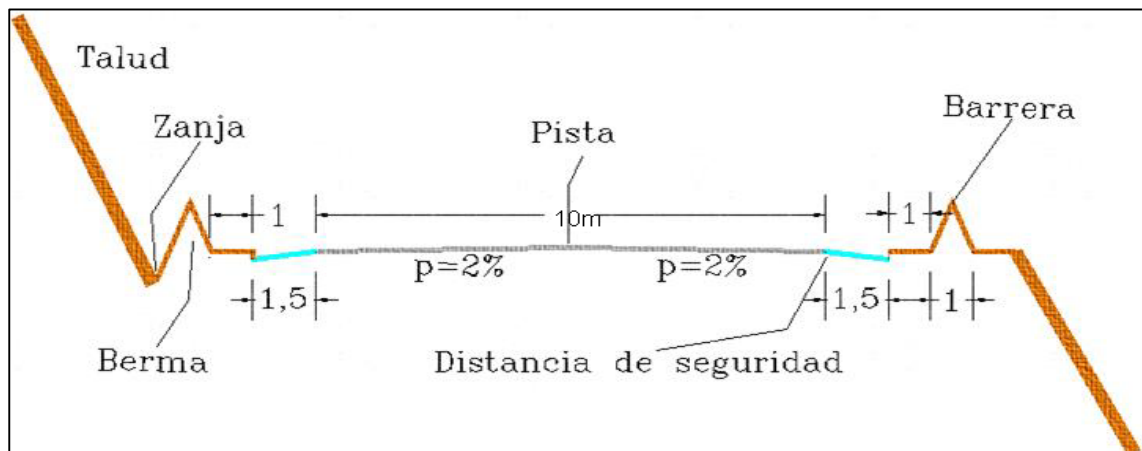
**4.1.1 Vías.** para el acceso a las canteras es por vía fluvial, por tal razón la empresa cementera Argos S.A cuenta con chalupas de transporte bien equipadas para el transporte del personal desde el puerto hasta el vereda cantaras donde se encuentran la explotación. El recorrido es de aproximadamente 25km y se realiza aproximadamente 3 veces al día.

**4.1.2 Instalaciones superficiales.** Para efecto de seguridad e higiene del personal, se tiene una construcción de obra civil, que incluye baños, sala de reuniones, oficinas, taller de mantenimiento o de reparaciones. Estas obras ocupan un área de 280m<sup>2</sup>. Se cuenta con un tanque de almacenamiento de combustible con una capacidad de 6000 galones de ACPM. Y se cuenta con una caseta de vigilancia para las instalaciones.

### 4.2 PREMINADO

**4.2.1 Vías de acceso al yacimiento.** Los accesos no deben sobrepasar, en ningún caso, 20% (11°), respecto a lo observado en campo su anchura, deben ser 12 metros el ancho de vía de la unidad o maquina más ancha que vaya a circular por ellos, a lo que hay que sumar un arcén de tres metros entre el borde del acceso y el pie inferior de un talud, a la hora de definir y proyectar los accesos (ver ilustración 6)

Ilustración 6. Diseños de las vías de acceso



Fuentes: Datos de estudio

**4.2.2 Desmonte.** Consiste en retirar la cobertura vegetal subyacente en las áreas a intervenir con frentes mineros o en construcción de vías. El desmonte se realiza a tala rasa de manera progresiva de acuerdo con la secuencia de explotación, utilizando herramientas manuales como motosierras, hachas y machetes. Los productos del desmonte son aprovechados (si existe madera comercial) y los demás son picados y almacenados en pilas para su posterior uso como cobertura en la recuperación del área intervenida. Los sitios de almacenamiento se ubican cerca del área de origen en lugares alejados de fuentes de agua o drenajes superficiales.

**4.2.3 Descapote.** Consiste en retirar la capa orgánica del suelo de forma manual y/o mecánica. Para determinar el volumen del suelo a remover durante el descapote, se deben tener en cuenta los valores promedios de la profundidad efectiva del suelo y la profundidad del primer horizonte, los cuales presentan valores entre 31 y 18 cm respectivamente en los suelos del área de influencia, por lo cual se considera un valor promedio de 20 cm de suelo a remover.

### **4.3. MINADO**

Actualmente la cantera de Muro de la Dos no está operando, ya que se están realizando estudios de exploración y estabilidad. Se planea realizar la explotación en bancos múltiples descendentes a través de una vía que planea desarrollar, la cual atraviesa de abajo hacia arriba toda la cantera sobre la cual se encuentra el mineral de interés, donde las dimensiones de los bancos están condicionadas primordialmente por tipo de maquinaria utilizada en la carga y transporte y así mismo por las longitudes alcanzadas por el equipo de perforación, sin importar la parte importante que es la estabilidad de taludes.

### **4.4 OPERACIONES DE LA MINA**

**4.4.1 Arranque por perforación y voladura.** Esta actividad se desarrolla en los frentes de calizas y consiste en la perforación mecánica por medio de un perforador TRACK DRILL LM-6000, este equipo es suficiente para satisfacer la cantidad máxima de caliza necesaria para la producción de cemento, para luego ejecutar la voladura con explosivos (ver ilustración 7).

Ilustración 7. Perforador para el desarrollo de la explotación



Fuente: Datos de estudio

La velocidad de perforación y el ciclo dependen altamente del tipo de terreno a perforar, sin embargo por medio de un seguimiento realizado al rendimiento de los equipos perforadores (ver cuadro 12).

Cuadro 11. Capacidades de producción

Descripción	Rendimiento m/hora	Capacidad t/hora	Máxima capacidad t/año
Perforador – 1	26,7	1.027	2.311.275
PERFORACIÓN			2.311.275

Fuente: Datos de estudio

Para el diseño de las voladuras se tienen presente variables controlables como son: las geométricas (diámetro, longitud de carga, burden y espaciamiento); las químico - físicas o del explosivo (tipos de explosivo, potencia, energía, sistemas de cebado) y de tiempo (tiempos de retardo y secuencia de iniciación).

**4.4.1.1. Malla de perforación y voladura.** En la cantera la malla de perforación, es diseñada por el jefe de canteras, esta labor consiste en: la cantidad de barrenos por voladura teniendo las propiedades del macizo rocoso, la longitud de los barrenos la cual varía entre 5 a 10 metros, y la cantidad de explosivos en las perforaciones.

Para el diseño de la malla de perforación y voladura se consideró los siguientes parámetros:

Diámetro de barrenos = 4"  
 Altura del banco = 8m  
 Ancho de berma = 10m

Cuadro 12. Relación de la geometría de la perforación con la resistencia a la compresión simple de la roca

VARIABLES DEL DISEÑO	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)		
	Blanda <70	Media 70 – 120	Dura 120- 180
Burden - V	39D	37D	35D
Espaciamiento - S	51D	47D	43D
Retacado- T	35D	34D	32D
Sobreperforacion - J	10D	11D	12D

Fuente: Manual de Perforación y Voladura de Rocas, López Jimeno, Carlos y Emilio, 2003

Las rocas presentes poseen resistencia a la compresión simple entre 120-180, se estima un diseño geométrico de la voladura en banco de la siguiente forma<sup>9</sup>.

**Burden (v).** Definido como la distancia más corta entre el eje de un barreno y la cara libre del banco.

$$V = 35D \quad (1)$$

$$V = 35 \cdot (0.1016 \text{ m})$$

$$V = 3,5 \text{ m.}$$

**Espaciamiento (S).** Es la distancia entre la misma fila de barrenos medida perpendicularmente a la piedra.

$$S = 47D \quad (2)$$

$$S = 47 \cdot (0.1016 \text{ m})$$

$$S = 4.7 \text{ m.}$$

**Retacado (T).** Longitud de barreno que no es cargado.

---

<sup>9</sup> López, Carlos. Jimeno, Emilio. Manual de Perforación y Voladura de Rocas, ITGE, Madrid, 2003.

$$T = 32D \quad (3)$$

$$T = 32*(0,1016 \text{ m})$$

$$T = 3.2 \text{ m.}$$

**Sobreperforación (J).** Es la longitud de barrenos por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista

$$J = 12D \quad (4)$$

$$J = 12*(0.1016 \text{ m})$$

$$J = 1.2 \text{ m}$$

**Longitud de barreno (L).** Aumenta con la inclinación, pero por el contrario el sobreperforación disminuye con esta. Para calcular L:

$$L = (H/\cos \alpha) + (1 - (\alpha/100)* J) \quad (5)$$

$$L = 8 / \cos 10^\circ + (1 - (10/100)* 1.2\text{m})$$

$$L = 8.75\text{m.}$$

**Volumen arrancado (VR).** Es el volumen de material que se debe obtener en una voladura, el cual puede calcularse de la siguiente forma:

$$VR = B*S*(H/\cos \alpha) \quad (6)$$

$$VR = 3.5*4.7*(8/\cos 10^\circ)$$

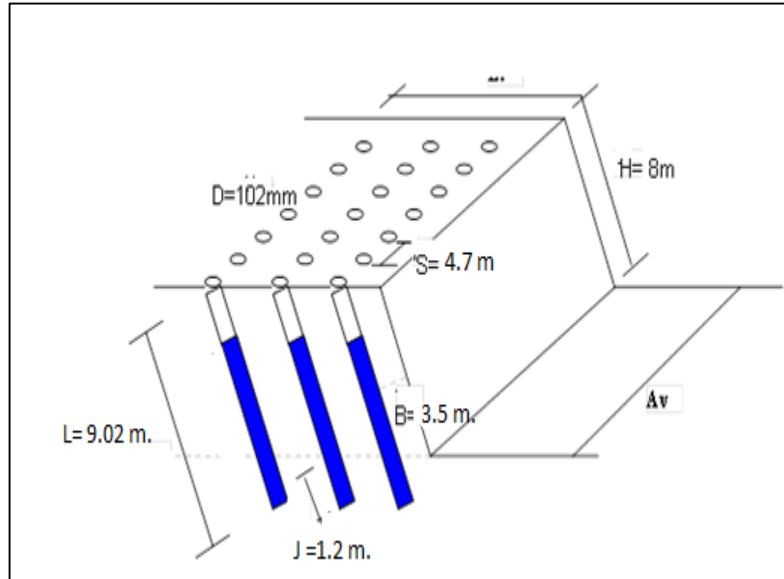
$$VR = 133.63 \text{ m}^3$$

**Ancho de voladura (Av).** Con base a los parámetros que se involucran en el ancho del banco es conveniente realizar voladuras de tal manera que la maquinaria requerida para el cargue y transporte pueda trabajar en condiciones de seguridad.

**Longitud de voladuras (Lv).** Esta dependerá de factores tales como la cantidad de explosivos que se puedan manejar en la quema, el ruido que se pueda ocasionar por la voladura afectar fauna del área, la capacidad económica para la compra del explosivo, entre otros.

**4.4.2. Esquema de perforación.** Los esquemas utilizados en muro de la dos son los esquemas “al tres bolillo”, ya que es el que proporciona la mejor distribución de la energía del explosivo en la roca y permite tener una mejor flexibilidad en el diseño de la secuencia de encendido y dirección de salida de la voladura (ver figura 15).

Figura 15. Diseño de voladura



Fuentes: Datos de estudio

**4.4.3. Tamaño y forma de la voladura.** El tamaño debe ser tan grande como sea posible, pues se disminuyen los tiempos improductivos de los equipos de perforación y carga. La forma debe ser con un frente libre donde la relación longitud/achura ( $lv/la$ ) debe ser mayor de 3. El área a perforar es variable de tal forma que supla las necesidades y proporcione el espacio adecuado de trabajo.

**Explosivos:** Se utiliza como carga de fondo un explosivo de alto poder, y para carga de columna ANFO e Indugel, para el amarre se utilizan detonadores electrónicos y detonadores no electrónicos de fondo y en superficie EXEL LP y cordón detonante. (ver figura 16).

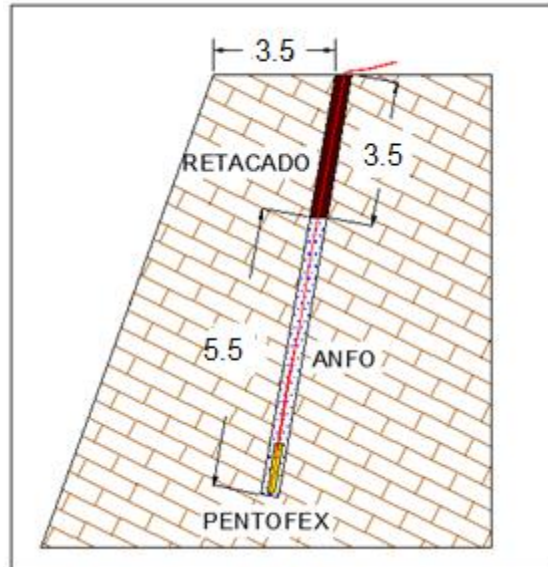
**Inclinación de los barrenos:** En las voladuras en banco la perforación inclinada presenta ventajas como:

- Mejor fragmentación, desplazamiento y esponjamiento de la pila de material, ya que se mantiene más uniforme el valor de la piedra.
- Taludes más sanos y seguros en los nuevos bancos.
- Mayor rendimiento de la pala debido a la menor altura.
- En este caso los barrenos presentan una inclinación de  $5-10^\circ$

**4.4.4. Voladuras.** De acuerdo con las producciones de Clinker y cemento programadas para el año, se realiza el estimativo de caliza consumo por mes, junto con el inventario de fin de año se realiza el programa de perforación, voladuras y compra de explosivos que garanticen la disponibilidad de materiales manteniendo un inventario mínimo de 24000 toneladas arrancadas por jornada de voladura, el

cual es revisado mensualmente. Basados en el seguimiento mensual se actualiza el programa y se establecen las fechas a volar y de inicio de perforación (ver cuadro 13).

Figura 16. Configuración típica de un barreno cargado en el proceso de voladura



Fuente: datos de estudio

Cuadro 13. Se muestran los parámetros considerados para la ejecución de la voladura

Componente	Parámetro	cantera
Malla	Tipo de barrenación	inclinada
	Malla de perforación	3.5x4.7
	Densidad in situ de la caliza	2.5
Geométrico	Altura de banco (h)	8 m
	Espaciamiento entre barrenos (S)	4.7m
	Burden (B)	3.5m
	Sobre perforación (J)	1.12
	Longitud del barreno (L)	5-10m
	Longitud de retacado (T)	3.5 m
Carga de explosivos	Explosivo para carga de fondo	Pentofex 337.5gr
	Explosivo para carga de columna	Anfo

Fuente: datos de estudio



Cuadro14. Parámetros considerados para la ejecución de la voladura (continuación)

Componente	Parámetro	cantera
Carga de explosivos	Explosivo para carga de fondo	Pentofex 337.5gr
	Explosivo para carga de columna	Anfo
	Longitud de la carga de fondo (lf)	0.20-0.25m
	Carga total del barreno (Qb)	7.2 kg/m
Accesorios de voladura	Amarre	Cable eléctrico
	Iniciador	Detonador común
	Detonadores	electrónico
Volumen arrancado	Número de barrenos por banco	10-45
	Volumen arrancado por voladura (VR)	133 ton
	Rendimiento del arranque (RA)	85%

Fuente: datos de estudio

Los datos presentes en la tabla anterior son parámetros de diseño usados en la actualidad y están sujetos a cambios dependiendo de las diferentes variables controlables y características de los frentes de explotación.

Los tamaños de roca obtenidos mediante la voladura, oscilan entre 30 y 45 cm de arista, entre un 5-10% de la producción son sobretamaños, estos se fracturan mecánicamente mediante martillo picador o por el procedimiento conocido como “machado” para reincorporarlos al proceso de Clinkerización. Una vez efectuada la voladura, se remueven los bloques desprendidos que pudieran encontrarse en el talud, procediendo, posteriormente, a la reducción de los fragmentos a tamaño rajón, permitiendo así su cargue y transporte (ver ilustración 8).

Ilustración 8. Material después de la voladura



Fuente: Datos de estudio

**4.4.5. Reducción mecánica de sobre tamaños.** Aquellos fragmentos resultantes de la voladura en el frente de explotación de calizas, que por su tamaño requieran de fraccionamiento secundario (dimensiones superiores a 1 m), serán reducidos mediante el uso de martillo hidráulico ensamblado en una retroexcavadora de orugas.

**4.4.6 Cargue.** Una vez realizadas las actividades de explotación se procede con el cargue. Realizada la extracción de calizas se procede al traslado de los mismos, desde los frentes de explotación hasta el muro de descargue o plaza de acopio, en el cual se encuentra una trituradora.

En el frente de explotación de calizas, el cargue se realiza con una retroexcavadora y un cargador, este último también es utilizado para alimentar la tolva de la trituradora (ver ilustración 9 y 10).

En algunos casos el cargador es utilizado para adecuación de vías para los camiones, generando bajos costos económicos y garantizando el cumplimiento de los ciclos de la flota de camiones (ver cuadro 11). La producción de los equipos del cargamento varía según los parámetros:

- Tipo de material
- Fragmentación de la caliza
- Configuración de los equipos
- Tamaño del frente
- Habilidad de los operadores
- Condiciones del área de cargue.

Ilustración 9. Retroexcavadora



Fuente: Datos de estudio

Ilustración 10. Cargador



Fuentes: Datos de estudio

Cuadro 14. Tipos de Cargue en la Mina

TIPO DE CARGUE	MAQUINA	TIEMPO DE CICLO / VOLQUETA de 30 ton
MECANICO	Retroexcavadora	2 min. 40 seg.
	Cargador	2 min. 8 seg.

Fuente: Datos de campo

**4.4.7. Transporte.** Es el acarreo del material desde los frentes de explotación, ya sea directamente a la trituradora primaria o al muro de descarga cerca de la trituradora. En el caso de los estériles, se llevan desde los frentes hasta los botaderos en sitios asignados para este efecto. El transporte se realiza mediante dos camiones mineros.

Los camiones en los cuales se transporta la caliza desde la mina hasta las trituradoras deben recorrer en promedio una longitud de 1.2 km, desde la cantera hasta el muro de descargue y tiene un tiempo aproximado por ciclo de cargue y descargue de 16 minutos (ver anexo D). El equipo utilizado para el transporte de material son camiones mineros. Los camiones son cargados por un retroexcavadora o con un cargador frontal.

Ilustración 11. Camión articulado CAT 730



Fuente: Datos de campo

Las características de la maquinaria de carga y transporte que utilizan actualmente se muestra en el siguiente (ver cuadro 15).

Cuadro 15. Resumen maquinaria minera

MAQUINARIA	CARACTERISTICAS	
Excavadora CAT324	gama de trabajo con pluma de gran volumen	1,87 m <sup>3</sup>
	profundidad máxima de excavación	6,488mm
	altura de embarque	3,45mm
	longitud de embarqué	9,408mm
	longitud de la cadena	4,630mm
Camión articulado CAT730	carga útil nominal	31ton
	tiempo de levantamiento de la caja	12s
	tiempo de bajada de la caja	8s
	longitud total	9,920mm
	ancho máximo	3544mm
	altura máxima	3744mm
Cargador CAT 988G	carga útil nominal	11,4ton
	peso en orden de trabajo	50,183Kg
	altura total cucharón extendido	8,856 mm

Fuente: Datos de estudio

## **4.5 PRODUCCIÓN**

Con la infraestructura que se tiene actualmente en cantera y junto con la maquinaria en mina la Muro de la Dos se produce alrededor de 960 toneladas de material por día, los cuales se destinan para la producción de cemento gris.

El avance del frente se iniciara con el banco N° 1 (ver plano 5), se pretende iniciar con una producción 23040 toneladas mensuales, teniendo en cuenta que está sujeta a cambios por el mercado.

La vida útil del proyecto depende de la producción que se establezca, la explotación se lleva a cabo en la cota 401 m.n.s.n. siendo la explotación de forma descendente hasta la cota 322 m.s.n.m., los cuales tienen una reserva de 323.600 ton para la ejecución del proyecto durante.

Para cumplir con la producción de 23040 ton/meses, se requiere que se extraiga 960 ton/día, trabajando 24 días al mes. Para esto la mina cuenta con un supervisor de minas, excavadora, cargador y dos camiones articulados con una capacidad de 30 toneladas cada uno.

## **4.6 MANEJO DE TALUDES**

Se presentan fenómenos de inestabilidad representados por:

- Caídas de material.
- Caída de bloques.
- Deslizamientos.
- Agrietamientos.

En cualquier parte del talud la gravedad arroja material a los niveles inferiores a causa de la actividad minera en el proceso de explotación. El talud promedio posee una longitud de 8 m. con inclinaciones de 60° a 70°, en algunos lugares.

La altura del banco es directamente proporcional a la longitud de perforación, en este caso dos varillas de extensión acopladas, suman nuestra altura de banco.

El ancho de berma equivale al radio de giro o maniobra de la maquinaria en este es de 10 metros, la inclinación del talud es de 70°, para estabilidad de taludes, las actividades que se realizan a menudo en la mina para prevenir estos fenómenos son el perfilamiento de los taludes a ángulos de estabilidad, la limpieza y nivelación de los bancos para conservar la pendiente para el desagüe y su ancho para el flujo de vehículos de carga. En la siguiente fotografía apreciamos el manejo de taludes



de Central de Triturados.

**4.6.1. Disposición de estériles.** La disposición de los estériles producto de las operaciones mineras es depositada en áreas o sitios destinados a botaderos se seleccionan teniendo en cuenta aspectos tales como que sean relativamente planas, de fácil acceso, cercanas a los frentes de explotación, sin ningún interés minero, localizados en sectores que no dañen el medio ambiente.

**4.6.2. Disposición de materia prima.** El proceso de disposición de materia prima se realiza por medio de la operación de transporte desde los frentes de explotación hasta las trituradoras que encontramos en los patios de mina, el cual dura aproximadamente 16 minutos desde los frentes hasta la trituradora, dependiendo también del sitio en que se esté explotando en el momento (ver ilustración 12).

Ilustración 12. La trituradora Laron donde llega el material



Fuente: Datos de campo

## 4.7 SERVICIOS A LA MINA

**4.7.1 Energía.** Para la empresa central de triturados este es un servicio indispensable ya que una de las actividades más importantes se realiza con la utilización de este servicio, el suministro de esta se hace por medio de una empresa privada aprovechando la cercanía de la explotación a los centros urbanos, las operaciones que permite hacer este servicios son las de trituración en un primer

plano y en un segundo con menos importancia son la iluminación de las instalaciones y el servicio a los talleres y oficinas.

**4.7.2 Drenajes.** Con respecto al drenaje podemos destacar que se aprovecha el sentido descendente de la explotación para la recirculación de las aguas por medio de unas cunetas las cuales van dispuesta a solo un costado de la vía, ya que esta es de solo un carril para la circulación, las aguas van a los niveles inferiores hasta unos tanques de sedimentación donde se les hace un tratamiento para eliminar la turbiedad y entregarlas nuevamente a su cauce natural (ver ilustración 13).

Ilustración 13. Drenaje para el desagüe de los frentes de explotación



Fuente: Datos de estudio

## 4.8 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

Una vez determinado el comportamiento y la situación actual en la cantera es necesario centrarse en el diseño y planeamiento para cálculo del método de explotación, el cual es uno de los objetivos fundamentales del presente proyecto. Para calcular cada una de las variables del método de explotación, no olvidando nunca que estas dependen de las condiciones del macizo por lo que estas deben ir de la mano, con lo que se puede concluir que es indispensable diseñar una geometría y forma de extracción del material que permita brindar estabilidad y seguridad en los trabajos mineros y de la misma forma la recuperación de la

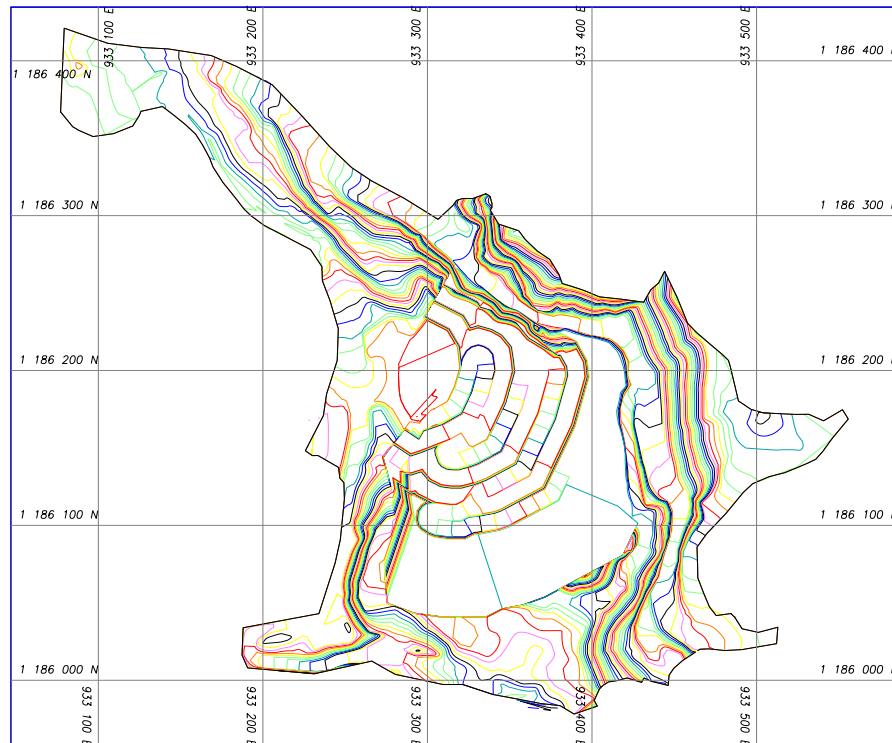
inversión realizada en el proyecto. Las características propias del método, como el ancho de vía, ángulo de talud, anchura de banco, entre otros. Es posible apreciarlas una vez calculadas en el software Gemcom Surpac (ver anexos D y E). Permitiendo de esta manera elegir la mejor forma y orientación del método propuesto.

#### 4.9 DESCRIPCION DEL METODO DE EXPLOTACION

El método de explotación a aplicar en la cantera es por bancos múltiples descendente se caracteriza por permitir iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota. Requiere una definición previa del talud final. Exigir la construcción de la de la infraestructura, al principio para acceder a los niveles superiores, y por consiguiente una mayor distancia de acarreo en los primeros años de vida útil (ver figura 17).

La poca altura de los bancos garantiza su estabilidad, la facilidad de atacar varios frentes de explotación simultáneamente y por consiguiente volúmenes de producción altos (ver plano 8). Facilidad en el desagüe de los frentes de explotación y vías, ya que se aprovecha la gravedad. Tener costos altos en la etapa de desarrollo debido a que se necesitan fuertes inversiones en vía

Figura 17. Método de explotación de la cantera Muro de las Dos



Fuente: Datos de estudio

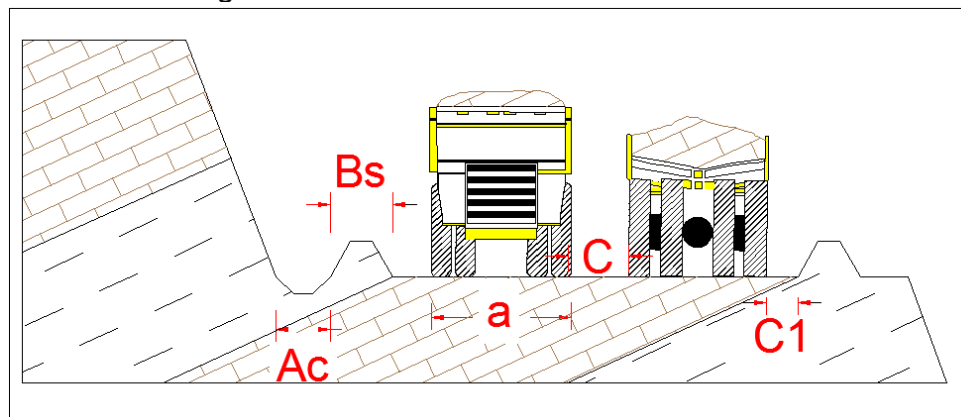


#### 4.10 VÍAS DE DESARROLLO

El diseño de las vías en las obras mineras a cielo abierto es muy importantes debido a que estas son las que nos comunica los frentes de explotación con el patio de depósito, estas vías pueden ser permanentes o transitorias, las cuales deben regir unos aspectos técnicos que brinden seguridad a la maquinaria de arranque, transporte y al personal que transite por estas<sup>10</sup>.

**Ancho.** Su valor se determina gracias a las dimensiones del equipo de transporte de material, las cuentas y bermas de seguridad que se vayan a utilizar (ver figura 18)

Figura 18. Ancho de las vías de desarrollo



Fuente: Diseño del método de explotación para la cantera Santa Cecilia

$$A = 2a + c + 2c1 + Ac + 2Bs \quad (7)$$

Dónde:

**A:** Ancho del banco

**a:** Ancho del vehículo 3,5m.

**C:** distancia de seguridad entre vehículos 1m.

**C1:** distancia de seguridad entre el vehículo y la berma 0,5m.

**Ac:** ancho de cuneta 0,5m.

**Bs:** ancho de berma de seguridad 1m.

Teniendo en cuenta todas las variables anteriores el ancho de la rampa perimetral de desarrollo para la cantera Santa Cecilia de acuerdo a este método será de 10 metros ya que esta dimensión ofrece una mayor disponibilidad para incrementos en la producción de la mina, la pendiente utilizada no será mayor nunca al 10%.

<sup>10</sup> Avedallo, Marisol, Planeamiento Minero para la Explotación a Cielo Abierto de Puzolana Correspondiente al Título Minero L0764-15 Ubicado en el Municipio De Paipa, Departamento de Boyacá, Sogamoso.2014

**4.10.1 Desmonte.** Consiste en la remoción de la capa vegetal que recubre al yacimiento. En la zona de estudio la capa vegetal presenta un espesor promedio de 30 cm la cual es removida mecánicamente por el buldócer CAT D9T y transportada hacia un sitio donde se le da un adecuado tratamiento para su posterior utilización en los procesos de reforestación (ver ilustración 13).

Ilustración 13. Buldócer CAT D9T



Fuente: Datos de estudio

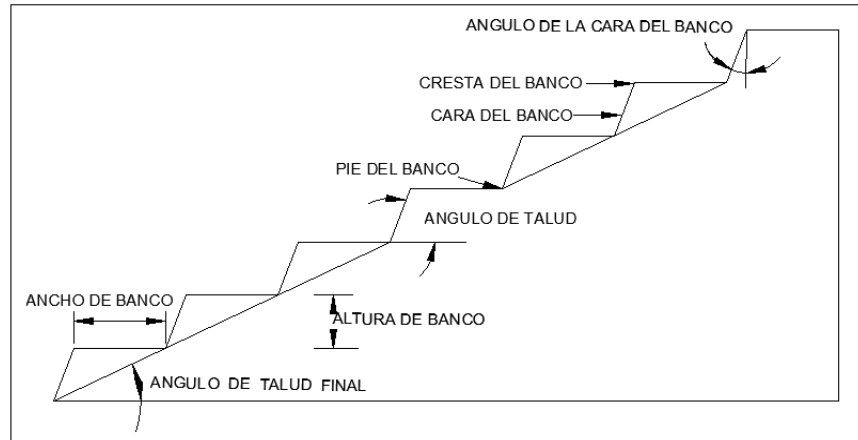
**4.10.2 Descapote.** El descapote es la operación que se realiza o que comprende la remoción y separación del material estéril del mineral. Para determinar el volumen del suelo a remover durante el descapote, se deben tener en cuenta los valores promedios de la profundidad efectiva del suelo y la profundidad del primer horizonte, los cuales presentan valores entre 31 y 18 cm respectivamente en los suelos del área de influencia, por lo cual se considera un valor promedio de 25 cm de suelo a remover. Una vez se culmina el descapote se procede a realizar la preparación en los bancos, para comenzar la explotación.

#### 4.11 DISEÑO DE BANCOS

En el diseño de bancos es muy importante tener en cuenta las propiedades del macizo rocoso, la morfología del relieve, maquinaria utilizada, longitudes de perforación, ya que en gran medida son condicionantes del diseño y de las dimensiones en este. Teniendo presente lo anterior se realiza el diseño del método de explotación, el cual será por múltiples bancos descendentes, divididas en taludes

de trabajo, teniendo en cuenta los parámetros geométricos y característicos geo mecánica de la roca<sup>11</sup> (ver figura 19).

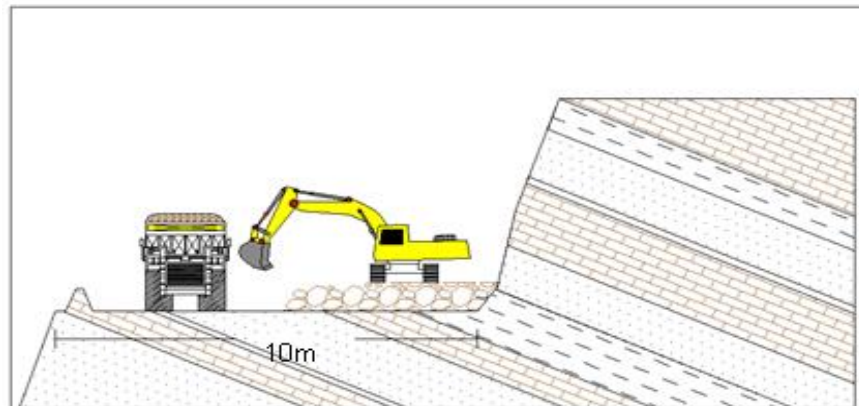
Figura 19. Geometría típica de bancos en explotación



Fuente: Datos de estudio

**4.11.1 Altura de banco.** Los aspectos más importantes para determinar la altura del banco son la longitud de alcance del brazo de la retroexcavadora, y las longitudes que se logran con la operación de perforación, para el caso de la explotación en la cantera Muro de la dos estamos limitados a los equipos presentes en las operaciones como lo son, la retroexcavadora CAT 324D y el track drill roto el cual ofrece 10 metros de longitud de perforación, pero por cuestiones de estabilidad es ideal una altura de banco 8 metros (ver figura 20).

Figura 20. Disposición de los equipos de carga en el banco



Fuente: Datos de estudio

<sup>11</sup> Lopez, Carlos. Bustillo, Manuel. Manual De Evaluación Y Diseño De Explotaciones Mineras, Entorno Grafico, Madrid, 1997.

**4.11.2 Ancho de banco.** El ancho del banco se escoge de acuerdo al tamaño del equipo que transita por los frentes de explotación, y también por factores como la Berma de seguridad, ancho de la cuneta, separación de vehículos etc. En este caso se decide hacer el diseño para tránsito de dos equipos de cargue a la vez uno que sube a los frentes de explotación cargado y otro que baja de estos cargados, con el fin de tener una flujo alto de vehículos los cuales garanticen un ritmo de explotación considerable. Para cumplir este objetivo es necesario tener un ancho en los bancos de 10 metros al igual que en las rampa perimetral de desarrollo, el cálculo de esta se hace de igual forma que se hizo anteriormente.

**4.11.3 Ángulos del banco para la explotación** Uno de los parámetros geométricos más significativos en la explotación de una cantera son los ángulos de talud, ya que en el laboreo mismo una de las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores comprometidos, para lo cual se requiere mantener una geometría de diseño óptima, es decir que permita un máximo beneficio económico en función de un mínimo factor de riesgo

**4.11.3.1 Angulo del talud.** Representa la inclinación con que queda la pared del banco, este ángulo se mide desde la pata del banco a su propia cresta. Por estabilidad se aconseja dejar un ángulo de talud de 80° debido a que el macizo rocoso posee una buena calidad y de acuerdo a los análisis este ofrece un coeficiente de seguridad aceptable (ver figura 21).

**4.11.3.2 Angulo de la cara del banco.** Es el ángulo de operación en el arranque, que se forma entre la línea de máxima pendiente del banco y un plano horizontal, en donde se ha seleccionado un ángulo de la cara del banco de 20°.

**4.11.3.3 Angulo de inclinación final ( $\beta$ ).** Este parámetro es el principal para el diseño de la explotación ya que este nos determina la estabilidad del talud final de explotación Para nuestro caso es de 32°.

Su valor se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\tan \beta = H/B \quad (8)$$

$\beta$  = Es el talud de trabajo

H es la altura de banco (8 mts)

$$B = B1 + B2 \quad (9)$$

B1 es el ancho de banco (10 mts)

B2 es la longitud que genera el angulo de la cara del banco

$$B2 = H \tan \theta = 8 * \tan 20^\circ = 2.9117 \text{ m} \quad (10)$$

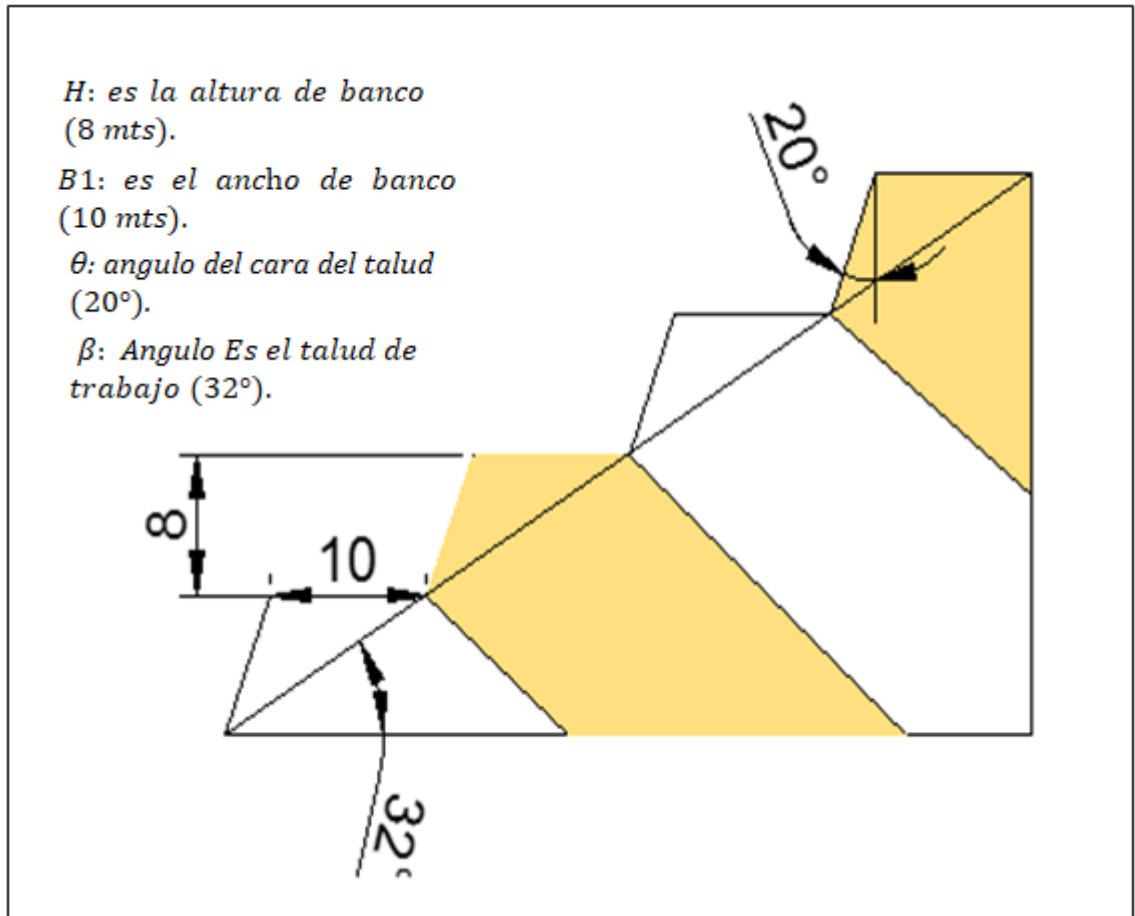
Remplazando se obtiene

$$B = 10\text{m} + 2.9117 \text{ m} = 12.9117 \text{ m}$$

$$\tan \beta = 8\text{m}/12.9117\text{m}$$

$$\beta = 31.78^\circ \text{ aprox } 32$$

Figura 21. Esquema de los bancos para el método de explotación propuesto



Fuente: Datos de estudio

## 5. CONDICIONES AMBIENTALES

La actividad proyecta en el área de muro de la dos, se realizara bajo recomendaciones y lineamientos de las actividades competentes encargada de la supervisión de las condiciones ambientales en los departamentos de Antioquia, en este caso la responsabilidad es de la corporación autónoma regional de Antioquia (CORPOANTIOQUIA), de acuerdo lo anterior se realiza una evaluación ambiental teniendo en cuenta el conocimiento del entorno o medio donde se emplaza el proyecto y las actividades del mismo. Una vez se describen las actividades del proyecto se determina los principales impactos directo o indirectos causados por la actividad del minera y procesamiento del mineral y trazar pautas para contrarrestarlos.

### 5.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Como primera medida se definen todas aquellas variables de acuerdo al tipo de proyecto que de una u otra forma genera impactos ambientales. En este caso un proyecto de explotación de caliza a cielo abierto por lo tanto las actividades son:

#### a. Construcción y montaje

A - Construcción y Montaje.	
A.1	campamentos y oficinas
A.2	Construcción y adecuación de vías externas e internas.
A.3	Infraestructura de servicios públicos.

#### b. Arranque

B - Arranque	
B.1	Perforación y voladura
B.2	Extracción de Mineral

#### c. Transporte y almacenamiento de materiales

C - Transporte y Almacenamiento	
C.1	Cargue
C.2	Transporte
C.3	Patios de Acopio
C.4	Disposición de Escombros

**d. Beneficio y transformación del material**

<b>D – beneficio y transformación del material</b>	
<b>D.1</b>	Trituración
<b>D.2</b>	Pre- molienda
<b>D.3</b>	Molienda

**e. Cierre y abandono**

<b>E– Cierre y abandono</b>	
<b>E.1</b>	Frentes mineros
<b>E.2</b>	infraestructura

Fuente: Datos de estudio

En primera instancia un impacto es la evidencia más exacta de afectación que las actividades mineras causan al ambiente, como consecuencia existe una relación causa efecto entre ellos.

Para complemento, se definen los diferentes componentes ambientales susceptibles afectados por la cantera durante la instalación y operación del proyecto (ver cuadro 17). Una vez identificados se realiza la matriz de identificación de impactos identificando los impactos más significativos<sup>12</sup>. Ver anexo matriz de identificación de impactos

Es de importancia anotar el carácter (**negativo** o **positivo**) de los impactos, ya que de ello depende el manejo u orientación que se les dé. Con ello no solamente se previenen, mitigan o corrigen los impactos negativos, sino que también se potencializan y orientan los positivos.

Cuadro 16. Clasificación de impactos a generarse en la cantera

<b>COMPONENTE AMBIENTAL AFECTADO</b>	<b>ELEMENTOS</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>	
<b>BIÓTICO</b>	Fauna	Alteración de la comunidad faunística.	F.1
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	F.2

<sup>12</sup> Conesa V. Guía Metodológica para la Evaluación Del Impacto Ambiental. Madrid, Mundi-Prensa Libros. 2006.

COMPONENTE AMBIENTAL AFECTADO	ELEMENTOS	IMPACTOS AMBIENTALES	
GEOESFERICO	suelos	Activación de procesos erosivos.	G.1
		Contaminación del suelo	G.2
		Disposición inadecuada por residuos Solidos	G.3
		Perdida del suelo por descapote	G.4
	Geomorfológico.	Cambios en la geo-forma y deslizamientos	G.5
ATMOSFERICO	Aire	Emisión material particulado y gases	A.1
		Ruido	A.2
HIDRICO	Agua	Cambios Calidad del agua	H.1
		Arrastre de sedimentos.	H.2
		Generación de residuos líquidos domésticos	H.3
		Alteración red de drenaje.	H.4
		Aguas residuales	H.5
PERCEPTUAL	Paisaje.	Extensión de áreas afectadas por la operación	P.1
SOCIO-ECONÓMICO	Social	Expectativas	S.1
		Generación de empleo	S.2
		Beneficio por desarrollo de obras comunitarias	S.3
	Económico	Valorización de predios	E.1
		Aumento de comercio como efecto del proyecto	E.2

Fuente: Datos de estudio

**5.1.1. Componente biótico.** El impacto generado es sobre flora y fauna por medio de remoción de capa vegetal y la afectación del hábitat.

El paisaje se encuentra deteriorado, debido a las labores producidas por las labores realizadas. Los impactos visuales producidos son dados por un contraste de colores entre las superficies activas de los frentes y el entorno, esto se debe a que la explotación rompe con líneas de cumbre modificando el paisaje destacando las formas artificiales.



**5.1.2. Componente suelo.** En el suelo se observa una alteración dada por extracción y carga del material. La erosión se concentra en lugares donde se ha desarrollado las labores de desmonte y descapote.

**5.1.3. Componente atmosférico.** La calidad del aire durante la fase de explotación se ve afectada debido a los explosivos en las zonas de frente de explotación.

Durante las etapas de explotación, cargue beneficio y mantenimiento de maquinaria se aprecia un incremento de los niveles de ruido y emisión material particulado, disminuyendo la calidad de aire en la zona donde se localiza la cantera.

**5.1.4. Componente socio económico.** Durante el desarrollo de la etapa de explotación del material se utiliza la mano de obra de la región para la realización de actividades, lo que permite mejorar las condiciones de varias familias.

## 5.2. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos es la cuantificación, mediante la realización de un estudio que pretenderá identificar, predecir y prevenir las consecuencias o efectos sobre el medio ambiente. Partiendo de la matriz Causa-Efecto se valoró cada impacto. Para la respectiva valoración de impactos, se tienen en cuenta las distintas interacciones relacionadas con el proyecto.

La evaluación de la importancia de los impactos se podrá realizar siguiendo metodologías planteadas en función del grado de incidencia o intensidad de alteración producida.

Cuadro 17. Matriz de evaluación de impactos.

MAGNITUD DEL IMPACTO		
Se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Trata sobre la gravedad de las consecuencias.		
Clasificación	Escala	Significado
Baja	1	Efectos ambientales y económicos no significativos:
		Ruido de fondo al que se esté expuesto en forma continua (8 horas, hasta 70 DB)
		Residuos sólidos no peligrosos almacenados temporalmente en forma inadecuada, transportados o dispuestos incorrectamente.
Moderada	2	El efecto no compromete los recursos naturales; pérdida ambiental o económica mínima (menos de 100 SMLMV).
		Descargas con parámetros de DBO5 (Demanda Bioquímica de oxígeno) mayores a 250 mg/l y/o SST (Sólidos en Suspensión Totales) mayores a 200 mg/l.

MAGNITUD DEL IMPACTO		
		Ruido de fondo al que se esté expuesto hasta por cuatro horas entre 70 y 80 dB).
		Residuos Biodegradables almacenados temporalmente en forma inadecuada, transportados o dispuestos incorrectamente.
Media	3	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales; pérdida ambiental o económica mínima (entre 100 y 300 SMLMV).
		Altos Niveles sonoros (entre 80 y 85 dB con exposición hasta por cuatro horas).
		Calentamiento Global o Agotamiento de la capa de Ozono por emisión de contaminantes atmosféricos.
		Residuos no Biodegradables almacenados temporalmente en forma inadecuada, transportados o dispuestos incorrectamente.
Alta	4	El impacto afecta gravemente los recursos naturales, o causa pérdidas económicas significativas. (Más de 300 SMLMV).
		Efluentes líquidos conteniendo ácidos o bases altamente concentrados.
		Altos niveles sonoros: 85 dB con 8 hr de exposición, o aumentando de a 5 dB con la mitad del tiempo de exposición (90 dB: 4 hr; 95 dB: 2 hr, 100 dB: 1 hr, etc.).
		Gases que pueden causar lluvias ácidas y/o que por su toxicidad, de acuerdo al tiempo de exposición son cancerígenos o pueden causar la muerte (SO2, NOx, H2S, NH4, Vapores de Plomo, dioxinas y furanos provenientes de procesos de incineración).
		Cenizas provenientes de incineradores. Residuos Peligrosos (Corrosivos, Reactivos, Explosivos Tóxicos, Inflamables o Patógenos).
EXTENSIÓN DEL IMPACTO		
Corresponde al área de influencia del impacto, es decir, al área donde tienen manifestación las consecuencias del suceso.		
Clasificación	Escala	Significado
Puntual	1	El impacto se localiza en un espacio reducido (+/- 5mts de radio), dentro de la Mina de caliza
Parcial	2	El impacto se manifiesta dentro de la localización patios de acopio
Extenso	4	El impacto tiene manifestaciones fuera de la instalación. Lugar de transito del transporte
REVERSIBILIDAD DEL IMPACTO		
Medida del retorno a las condiciones originales, sin el uso de tecnología acciones correctivas que permitan anular los impactos negativos, producidos por una determinada acción		
Clasificación	Escala	Significado

MAGNITUD DEL IMPACTO		
Corto Plazo	1	El retorno a condiciones originales toma menos de un (1) año
Mediano Plazo	2	Se requieren de uno (1) a cinco (5) años
Largo Plazo	4	El retorno a condiciones originales toma más de cinco años
RECUPERABILIDAD DEL IMPACTO		
Medida del retorno a las condiciones originales, con el uso de tecnología		
Clasificación	Escala	Significado
Corto Plazo	1	La recuperación se da en un plazo menor a un (1) año
Mediano Plazo	2	Entre uno (1) y cinco (5) años
Largo Plazo	3	La recuperación toma más de cinco (5) años
Irrecuperable	4	No hay posibilidades de una recuperación
ACUMULACIÓN DEL IMPACTO		
Este atributo mide el incremento de la manifestación de un impacto cuando persiste reiteradamente la acción que lo genera.		
Clasificación	Escala	Significado
Simple	1	El impacto actúa por sí sólo. La recuperación se da en un plazo menor a un (1) año
Acumulativo	2	El impacto se suma a otros para incrementar el daño

Fuente: Modificado de la Metodología RAM para Evaluación Ambiente

La importancia del impacto (IA) se determina mediante la suma de las calificaciones obtenidas de los parámetros Magnitud, Extensión, Reversibilidad y Acumulación obteniendo, de esta manera, la siguiente función:

$$IA = M + E + R + R' + A \quad (11)$$

Con la aplicación aritmética de los parámetros evaluados se puede obtener un máximo valorativo de 18 puntos con un mínimo de 5 unidades.

Por último, el resultado final de la evaluación es la clasificación de los impactos con base en las escalas de importancia establecidas (ver anexo F y G). Reseña las diferentes escalas de evaluación que se pueden obtener de la aplicación de la evaluación de importancia ambiental según los parámetros metodológicos anteriormente mencionados (ver cuadro 18).

Cuadro 18. Calificación cualitativa y cuantitativa de los impactos.

IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
5	1	Leve
6 – 9	2	Menor
10 – 12	3	Localizado
13 – 15	4	Mayor
16 – 18	5	Masivo

Fuente: Metodología RAM para Evaluación Ambiental

## 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN

La evaluación económica del proyecto tiene como finalidad establecer la viabilidad de explotación de la caliza ubicada en título HHII-01 propiedad de la empresa CEMENTOS ARGOS S.A. Se debe tener en cuenta, para estimar las inversiones realizadas, costo de la operación e insumos, inversiones a realizar, índices de ingresos por concepto de ventas y todo lo que debe incurrir la empresa para el desarrollo de las actividades.

### 6.1. INVERSIONES

Hace referencia al valor de la totalidad de muebles e inmuebles adquiridos en la operación con el propósito de adelantar actividades de producción en la mina muro de la dos con el fin de generar ganancias. Para la evaluación económica las inversiones se agrupan en existentes y a realizar.

**6.1.1. Inversiones existentes.** Comprende, el conjunto de bienes duraderos con cierto valor, adquiridos por la empresa. Su estado de conservación y tiempo de Adquisición son susceptibles a depreciar (ver cuadro 19)

Cuadro 19. Inversiones existentes.

PLANEAMIENTO MINERO A CIELO ABIERTO PARA LA MINA DE CALIZA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD, DE CEMENTOS ARGOS EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA				
CONCEPTOS	COSTOS POR INVERSIONES EXISTENTES			
ESTUDIOS DE EXPLORACION	CANTIDAD	CAPACIDAD	\$ VALOR UNITARIO	\$ TOTAL
Perforaciones	15		\$45.300.000	\$679.500.000
<b>MAQUINARIA</b>				
Camion Dumper Cat 730	2	30 ton	\$442.500.000	\$885.000.000
Cargador Cat 988G	1	11.4 ton	\$250.000.000	\$250.000.000
Excavadora Cat 324D	1	1.8 m3	\$283.500.000	\$283.500.000
Bulldocer Cat D9T	1	13.5 m3	\$280.000.000	\$280.000.000
Camioneta chevrolet	1		\$54.000.000	\$54.000.000
<b>TOTAL</b>				\$2.432.000.000

Fuente: Datos de estudio

**6.1.2. Inversiones a realizar.** Comprende todas las inversiones requeridas para el desarrollo de la explotación de caliza, estas inversiones están ajustadas a los

precios actuales de mercado y son necesarias para los objetivo de producción deseados (ver cuadro 20).

Cuadro 20. Inversiones a realizar

	<b>PLANEAMIENTO MINERO A CIELO ABIERTO PARA LA MINA DE CALIZA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD, DE CEMENTOS ARGOS EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA</b>			
<b>CONSEPTOS</b>	<b>COSTOS POR INVERCIONES A REALIZADAR</b>			
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>\$ VALOR UNITARIO</b>	<b>\$ TOTAL</b>
Adecuación del frente para la explotación	51000		\$50,000	\$2.550.000,0000
Perforador track drill	1	26 m/h	\$130.000.000,00	\$130.000.000
Construcción y adecuación de vías	1		\$110.000.000	\$110.000.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$242.550.000</b>

Fuente: Datos de estudio

## 6.2. FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Es el conjunto de recursos monetarios para llevar a cabo la explotación de caliza, para el caso de Muro de la Dos las necesidades financieras son básicamente satisfechas con los recursos propios de patrimonio o capital de CEMENTOS ARGOS S. A.

## 6.3. AMORTIZACIÓN

Es un término referido a la división de capital en el tiempo de un valor duradero. Es proceso por el cual se pretende cancelar las obligaciones o deudas y los intereses que se adquieren con las entidades crediticias mediante una serie de pagos. Para el presente proyecto será con recursos propios de la empresa, por lo tanto no se tendrá en cuenta la amortización.

## 6.4. DEPRECIACIÓN

Es una herramienta que permite evaluar factores, tales como, tiempo, uso, obsolescencia, agotamiento, en los activos fijos de una empresa. La depreciación estima la pérdida del activo, el desgaste o el consumo de capital, sin incluir la perdida en que incurre al no obtener ganancias. En este proyecto aplicaremos la depreciación de la maquinaria usada en la cantera, la cual fue repotenciada y rehabilitada prolongando su vida útil.

Existen varios métodos de evaluar la depreciación, para la cantera se utilizara el método de línea recta establecida así:

$$Dp = \frac{Vi - Vs}{N} \quad (12)$$


Dp= depreciación anual

Vi = Valor inicial a depreciar

Vs = Valor residual o de salvamento.

Según legislación vigente se considerase considera un valor de salvamento de 20% y una vida útil de 5 años (ver cuadro 21).

Cuadro 21. Depreciación

 <b>PLANEAMIENTO MINERO A CIELO ABIERTO PARA LA MINA DE CALIZA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD, DE CEMENTOS ARGOS EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA</b>							
<b>PROYECCIÓN DE LA DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>DEPRECIACION</b>				
			<b>1 AÑO</b>	<b>2 AÑOS</b>	<b>3 AÑOS</b>	<b>4 AÑOS</b>	<b>5 AÑOS</b>
Camion Dumper Cat 730	2	\$885.000.000	\$141.600.000	\$22.656.000	\$3.624.960	\$579.994	\$92.799
Cargador Cat 988G	1	\$250.000.000	\$40.000.000	\$6.400.000	\$1.024.000	\$163.840	\$26.214
Excavadora Cat 324D	1	\$283.500.000	\$45.360.000	\$7.257.600	\$1.161.216	\$185.795	\$29.727
Bulldozer Cat D9T	1	\$280.000.000	\$44.800.000	\$7.168.000	\$1.146.880	\$183.501	\$29.360
Camioneta chevrolet	1	\$54.000.000	\$8.640.000	\$1.382.400	\$221.184	\$35.389	\$5.662
<b>TOTAL</b>			\$280.400.000	\$44.864.000	\$7.178.240	\$1.148.518	\$183.763

Fuente: Datos de estudio

## 6.5. COSTOS DE LA OPERACIÓN

Son todos los gastos destinados a la operación y funcionamiento de los equipos, mano de obras herramientas, materiales y suministros en la cantera.se dividen en costos fijos y variables.

**6.5.1. Costos fijos.** Son todos aquellos que se mantienen constantes a lo largo de cada periodo durante el desarrollo del proyecto minero.

**6.5.1.1. Costo de mano de obra.** Se relaciona con el personal a utilizar a lo largo de ejecución de proyecto minero (ver cuadro 22).

**6.5.1.2. Costos por lubricantes y combustibles.** Es el estimativo de combustibles, lubricantes y engrases que se van a utilizar en la explotación de caliza dela mina Muro de la Dos (ver cuadro 23).

**6.5.1.3. Costos por recuperación ambiental y obras sociales.** Comprende la recuperación de taludes y de arte. Estos representan un valor de 118.000.000.

Cuadro 22.Costo de mano de obras

DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGON EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA.					
CARGO	N°	SALARIO BASICO	SEG- PRESTACIONE S 50%	SALARIO A PAGAR MEN SUAL	SALARIO A PAGAR
ADMINISTRATIVO		\$/ME S	\$/ME S	\$/ME S	\$ AÑO
Ing. De Minas	1	\$7.400.000	\$3.700.000	\$11.100.000	\$133.200.000
tecnico de minas	1	\$3.500.000	\$1.750.000	\$5.250.000	\$63.000.000
Recursos humanos	1	\$4.300.000	\$2.150.000	\$6.450.000	\$77.400.000
Topografo	1	\$3.000.000	\$1.500.000	\$4.500.000	\$54.000.000
Auxiliar topografia	1	\$1.500.000	\$750.000	\$2.250.000	\$27.000.000
Vigilante y aseo	5	\$9.500.000	\$4.750.000	\$14.250.000	\$171.000.000
<b>SUBTOTAL</b>		\$29.200.000	\$14.600.000	\$43.800.000	\$525.600.000
<b>OPERATIVO</b>					
operador dumper Cat 730	2	\$3.750.355	\$1.875.178	\$5.625.533	\$67.506.390
Conductor Dmax	1	\$2.790.887	\$1.395.444	\$4.186.331	\$50.235.966
Operador Track drill	2	\$3.550.840	\$1.775.420	\$5.326.260	\$63.915.120
Operador Cargador Cat 988G	1	\$2.800.000	\$1.400.000	\$4.200.000	\$50.400.000
Operado Bulldozer Cat D9t	1	\$2.700.000	\$1.350.000	\$4.050.000	\$48.600.000
Operador Excavadora 324D	1	\$2.700.000	\$1.350.000	\$4.050.000	\$48.600.000
Operarios Trituradora	2	\$6.000.000	\$3.000.000	\$9.000.000	\$108.000.000
Mecanicos	2	\$3.680.000	\$1.840.000	\$5.520.000	\$66.240.000
VARIOS	1	\$25.274.782	\$12.637.391	\$37.912.173	\$454.946.076
<b>subtotal presonal</b>	23				
<b>SUBTOTAL</b>		\$50.549.564		\$75.824.346	\$909.892.152
<b>AUXILIO DE ALIMENTACION</b>	23	\$552.000		\$12.696.000	
			<b>SUB TOTAL ME S</b>	\$9.522.000	
			<b>SUB TOTAL AÑO</b>		\$114.264.000
<b>AUXILIO DE TRANSPORTE</b>	23	\$2.400.000		\$ 4.800.000,00	
			<b>SUB TOTAL ME S</b>	\$ 4.800.000,00	
			<b>SUB TOTAL AÑO</b>		\$57.600.000
<b>HOSPEDAJE</b>	3	\$360.000		\$10.800.000	
			<b>SUB TOTAL ME S</b>	\$8.100.000	
			<b>SUB TOTAL AÑO</b>		\$97.200.000
<b>TOTAL</b>				\$142.046.346	\$1.704.556.152

Fuente: Datos de estudio

Cuadro 23. Combustible y lubricantes

<b>COSTOS POR COMBUSTIBLES ACPM 8910</b>					
<b>CONSEPTO</b>	<b>N°</b>	<b>MES</b>		<b>AÑO</b>	
		<b>GALON</b>	<b>VALOR</b>	<b>GALON</b>	<b>VALOR</b>
Dumper CAT 730	2	32	\$285.120	384	\$3.421.440
Excavadora CAT 324D	1	2070	\$18.443.700	24840	\$221.324.400
Cargador 988G	1	1320	\$11.761.200	15840	\$141.134.400
Bulldozer Cat D9t	1	1241	\$11.052.855	14886	\$132.634.260
Perforador Track Drill	1	657	\$5.853.870	7884	\$70.246.440
Camioneta Chevrolet	1	1170	\$10.424.700	14040	\$125.096.400
<b>TOTAL</b>			\$57.821.445		\$693.857.340

Fuente: Datos de estudio

<b>COSTOS POR LUBRICANTES Y FILTROS</b>					
<b>CONSEPTO</b>	<b>N°</b>	<b>\$/MES</b>		<b>\$/AÑO</b>	
		<b>FILTROS</b>	<b>LUBRICANTES</b>	<b>FILTROS \$/Hrs</b>	<b>LUBRICANTES</b>
Dumper CAT 730	2	\$495.950	\$15.000.000	\$5.951.400	\$180.000.000
Excavadora CAT 324D	1	\$397.276	\$11.000.000	\$4.767.312	\$132.000.000
Cargador 988G	1	\$435.150	\$10.000.000	\$5.221.800	\$120.000.000
Bulldozer Cat D9t	1	\$301.392	\$12.000.000	\$3.616.704	\$144.000.000
Perforador Track Drill	1	\$257.244	\$8.000.000	\$3.086.928	\$96.000.000
<b>SUBTOTAL</b>		\$1.887.012	\$56.000.000	\$22.644.144	\$672.000.000
<b>TOTAL</b>		\$57.887.012		\$694.644.144	

Fuente: Datos de estudio

**6.5.2. Costos variables.** Son aquellos que se incurren solo si se desarrolla la actividad. Varían en función de los factores externos como: el mercado, mantenimiento de los equipos, clima.

**6.5.2.1. Costo de herramientas materiales y suministros.** Se relacionan en la tabla los costos, los costos por concepto de materiales, suministro en insumos a utilizar en la explotación de roca caliza en la mina Muro de la Dos (ver cuadro 24)

**6.5.2.2. Costo por concepto de explosivos.** Los costos de explosivos dependen del tipo de explosivos elegido para tal fin, entre más potencia de este y la distribución de los barrenos será mucho mejor porque se utilizara menos explosivos logrando una voladura óptima y evitando así voladuras secundarias por causa de sobre tamaños. En la se muestra el consumo anual de explosivos para el frente (ver cuadro 25).



Cuadro 24. Costo de herramientas materiales y suministros.

	<b>DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGO EN EL MUNICIPIO DE NARE -ANTIOQUIA</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>C. UNITARIO</b>	<b>N° UNIDADES</b>	<b>\$ AÑO</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>			
Varillas de perforacion TRACK DRILL	\$ 1.500.000	2	\$ 36.000.000
Brocas de perforacion TRACK DRILL	\$ 1.000.000	2	\$ 24.000.000
manguitos de perforacion TRACK DRILL	\$ 1.000.000	2	\$ 24.000.000
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 84.000.000
<b>ELEMENTOS DE SEGURIDAD</b>			
Casco	\$ 12.080	36	\$ 5.218.560
Camisas	\$ 21.800	36	\$ 9.417.600
Pantalon	\$ 22.586	36	\$ 9.757.152
Bota de Aceros	\$ 60.970	36	\$ 26.339.040
Mascarillas	\$ 2.718	36	\$ 1.174.176
Guantes	\$ 14.493	36	\$ 6.260.976
Gafas	\$ 10.625	36	\$ 4.590.000
Proteccion Auditiva	\$ 5.435	36	\$ 2.347.920
Chaleco	\$ 2.174	36	\$ 939.168
Capa Impermeable	\$ 15.000	36	\$ 6.480.000
Bloqueador solar	\$ 5.000	36	\$ 2.160.000
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 74.684.592,00
Utiles- Papeleria- Fotocopia			\$ 132.000.000
Energia de oficinas en la cantera			\$ 1.473.000
<b>TOTAL</b>			\$ 292.157.592

Fuente: Datos de estudio

Cuadro 25. Costo por concepto de explosivos

	<b>DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGO EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA</b>	
<b>CONSEPTOS</b>	<b>1 AÑO</b>	
<b>EXPLOSIVOS</b>	<b>\$C/D</b>	<b>N. De Unidades</b>
Anfo	\$ 5.795	68567
Pentofex	\$ 18.558	1399
<b>SUBTOTAL</b>	\$423.308.407,00	
<b>ACCESORIOS</b>		
Detonador electronico Unitronic	\$62.450	1049
Detonador nonel 500 ms	\$7.694	450
Detonador de sup. 25 ms	\$10.719	112
Detonador de sup. 17 ms	\$8.780	450

Fuente: Datos de estudio

Cuadro 25. Costo por concepto de explosivos (continuación)

	<b>DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGON EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA</b>	
<b>ACCESORIOS</b>		
Fulminantes comunes # 8	\$297	30
Mecha de seguridad lenta (m)	\$3.230	180
<b>SUBTOTAL</b>	\$74.714.188	
Escolta	\$6.000.000	
<b>TOTAL</b>	\$504.022.595	

Fuente: Datos de estudio

**6.5.2.3. Costos por concepto de regalías.** De acuerdo a la ley de 2002 (ley de regalías) la empresa cementera deberá actualizar el monto del material por la explotación que se efectúa en la mina Muro de Dos. Teniendo en cuenta la liquidación de regalías debido a la extracción de los recursos no renovables de propiedad del estado, se obtienen a través de la siguiente ecuación:

$$V = C * P * R \quad (13)$$

V= Valor regalía a Pagar.

C = Cantidad de material explotado anual

P = Precio base del mineral a boca mina, fijado semestralmente por el ministerio de minas y energías a través de la Unidad de planeación minero energética (UPME) para caliza es de \$6.817,22 de acuerdo a la resolución 184 del 30 marzo 2016 (ver cuadro 26).

R= porcentaje de regalía, fijado para el respectivo mineral por la ley 141 de 1994.

Para materiales de construcción 1%.

## 6.6. ANALISIS DE COSTOS

**6.6.1. Costos unitarios.** Son aquellos costos que incurren en la producción de una tonelada de caliza. Pueden ser:

**6.6.1.1. Costos directos.** Son todos aquellos que se asignan directamente a la unidad de producción. Entre los cuales se encuentran la Mano de obra y la materia prima. Se asimilan a los costos variables.

Cuadro 26.Costos por concepto regalías

DISEÑO Y PLANEAMIENTO MINERO PARA LA CANTERA DE MURO DE LA DOS PROPIEDAD DE CEMENTOS ARGON EN EL MUNICIPIO DE NARE-ANTIOQUIA.				
1. TRIMESTRAL	C(ton)	P(\$)	R(%)	V
1	23153	\$6.817	1	\$1.578.340
2	23232	\$6.817	1	\$1.583.725
3	23311	\$6.817	1	\$1.589.111
4	23410	\$6.817	1	\$1.595.860
SUB TOTAL				\$6.347.036
2. TRIMESTRAL	C(ton)	P(\$)	R(%)	V
1	23240	\$ 6.817	1	\$1.584.271
2	23472	\$ 6.817	1	\$1.600.114
3	23410	\$ 6.817	1	\$1.595.860
4	23544	\$ 6.817	1	\$1.604.994
SUB TOTAL				\$6.385.238
3. TRIMESTRAL	C(ton)	P(\$)	R(%)	V
1	23151	\$ 6.817	1	\$1.578.204
2	23125	\$ 6.817	1	\$1.576.431
3	23247	\$ 6.817	1	\$1.584.748
4	23373	\$ 6.817	1	\$1.593.337
SUB TOTAL				\$6.332.720
4. TRIMESTRAL	C(ton)	P(\$)	R(%)	V
1	23233	\$ 6.817	1	\$1.583.794
2	23248	\$ 6.817	1	\$1.584.816
3	23251	\$ 6.817	1	\$1.585.021
4	23212	\$ 6.817	1	\$1.582.362
SUB TOTAL				\$6.335.992
5. TRIMESTRAL	C(ton)	P(\$)	R(%)	V
1	23480	\$ 6.817	1	\$1.600.664
2	23518	\$ 6.817	1	\$1.603.222
3	23558	\$ 6.817	1	\$1.605.949
4	23670	\$ 6.817	1	\$1.613.584
SUB TOTAL				\$6.423.419
TOTAL				\$31.824.406

Fuente: Datos de estudio

**6.6.1.2. Costo Indirectos.** Son aquellos que no se pueden asignar directamente a un producto, es decir son ocasionados por el funcionamiento de la mina. Como las herramientas, papelería, insumos, combustible y lubricantes. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos.

**6.6.2. Costos de producción por tonelada.** Son los que permiten obtener extracción de caliza para mantener el proyecto, es decir indican el beneficio bruto. Se calculan sumando costos por mano de obra, materiales, suministros e insumos, energía, elementos de protección etc. Divididos por la producción proyecta anualmente (ver cuadro 27).

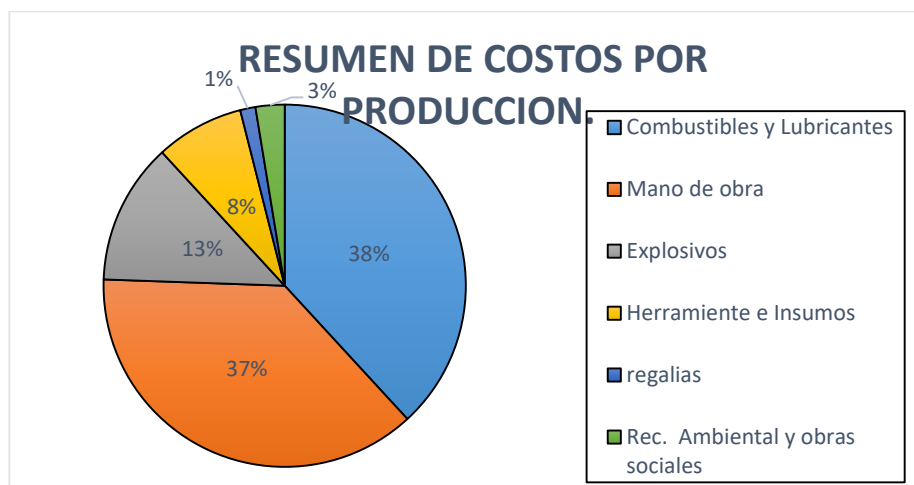
**6.6.3. Ingreso anual por venta.** Son las ganancias anuales que generan por la venta de la caliza. Estos ingreso se calculan mediante el producto del número de toneladas en el año por el precio por metro cubico del mineral (ver figura 22).

Cuadro 27. Costos de producción por tonelada

CONCEPTO	VALOR ANUAL (\$)	P. ANUAL (TON)	COSTOS/TON
Combustibles y Lubricantes	\$1.739.199.084	178660	\$9.735
Mano de obra	1704556152	178660	9541
Explosivos	\$574.951.395	178660	\$3.218
Herramienta e Insumos	\$359.213.592	178660	\$2.011
regalias	\$62.005.740	178660	\$347
Rec. Ambiental y obras sociales	\$118.000.000	178660	\$660
<b>TOTAL</b>			<b>\$25.512</b>

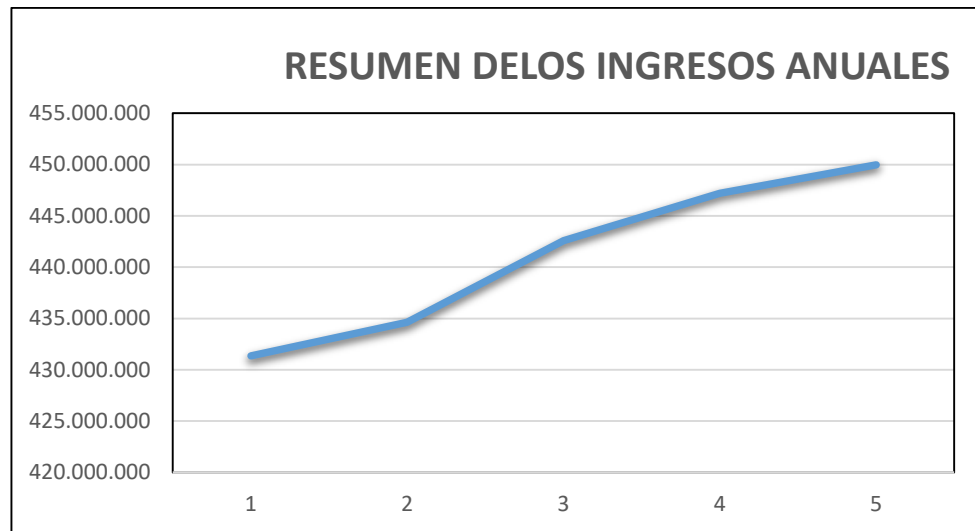
Fuente: Datos de estudio

Figura 22. Resumen de producción



Fuente de estudio

**INGRESOS ANUALES**



Fuente de estudio

## 6.7. PUNTO DE EQUILIBRIO

Es la forma de representar la relación costo - volumen - utilidad, permite evaluar la repercusión que sobre las utilidades tiene cualquier movimiento de cambio, costos volumen de venta y precios. Es decir es una herramienta de análisis empresarial en que se define el nivel de producción y ventas donde no existen pérdidas y ganancias. Para este caso se utilizara la formular para calcular el punto de equilibrio en pesos:

$$Q = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}} \quad (14)$$

Q= Punto de Equilibrio.

CF= Costos Fijos.

CV= Costos Variables.

V = Ventas Anuales.

Cuadro 28. Punto de equilibrio

PUNTO DE EQUILIBRIO			
CF	CV	P	Q
3,561,755,236.00	996,170,727.00	3,287,344,000	\$ 5,110,357,581
3,597,372,788.36	1,006,132,434.27	3,320,217,440.00	\$ 5,161,461,157
3,633,346,516.24	1,016,193,758.61	3,353,419,614.40	\$ 5,213,075,768
3,669,679,981.41	1,026,355,696.20	3,386,953,810.54	\$ 5,265,206,526
3,706,376,781.22	1,036,619,253.16	3,420,823,348.65	\$ 5,317,858,591

Fuente: Datos de estudio

## 6.8. ANALISIS FINANCIERO

Es un estudio que se realiza a la información contable, permite comparaciones relativas de los negocios y facilita la toma de decisiones de inversión, financiación, planes de acción, control de operaciones y reparto de dividendos, etc.

La interpretación de los datos obtenidos, mediante el análisis financiero permite a la gerencia medir el progreso comparando los resultados alcanzado con las operaciones planeadas y los controles aplicados, además de informar sobre la capacidad de endeudamiento, su rentabilidad, su fortaleza o debilidad financiera, esto facilita el análisis de la situación económica de la empresa para la toma de decisiones

**6.8.1. Flujo de caja.** Flujo financiero que muestra los flujos de ingresos y egresos de efectivo que ha tenido una empresa durante un periodo de tiempo determinado.

En el caso de la mina MURO DE LA DOS miden los ingresos y se diferencia de los montos de utilidades en dos aspectos: depreciación y agotamiento minero que hace parte de los costos que no son desembolsados si no que hace parte de anteriores inversiones las cuales son utilizadas para calcular los impuestos del gravamen tributario (ver tabla de flujo de caja).

Cuadro 29. Flujo de caja

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1
inver. Existentes	252.750.000,00	
inver. A realizar	242.550.000	
capital de trabajo	-	
inver. Total	495.300.000	
ingresos por ventas		2.205.733.917
EGRESOS		
costos fijos		1.839.948.146
costos variables		828.004.593
COSTOS FINANCIEROS		2.667.952.739
interés		-
pago de capital		-
TOTAL EGRESOS		2.667.952.739
depreciación		280.400.000
renta gravable		1.377.729.324
Impuestos (34%)		468.427.970
utilidad neta		909.301.354
depreciación		280.400.000
flujos de fondos	-495.300.000	628.901.354
TIR %		27%

Fuente: Datos de estudio

**6.8.2. Tasa interna de retorno.** Es uno de los indicadores financieros que permite evaluar la posible rentabilidad de un negocio o proyecto, en función de lo que obtendrá en un periodo si se interviene una determinada cantidad de dinero.

Para el cálculo de la TIR se suministra la información de flujo de fondos (ingresos-egresos), lo mismo que los periodos y costos de oportunidad y de manera automática se obtendrá la solución (ver cuadro 30).

La empresa Argos S.A, para la explotación del mineral de caliza de la mina MURO DE LA DOS, dentro del título minero HH-II01, operación que para 4 periodos anuales consecutivos, les reportar el siguiente flujo de caja:

Cuadro 30.TIR para la mina

PERIODOS	AÑO 0	AÑO 1	TIR
FLUJO DE FONDOS	- 495.300.000	628.901.354	27%

Fuente: Datos de estudio

La tasa de retorno utilizada corresponde al 27% para un valor presente neto igual a cero.

**6.8.3. Valor presente Neto.** Es utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a pesos de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia y cuando el VPN es igual a cero se dice que el VPN es indiferente (ver cuadro 31).

Al evaluar el proyecto con la metodología del VPN se recomienda que se calcule con una tasa de interés de oportunidad (TIO), con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, tales como liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que se tengan previstas.

La tasa de interés de seguridad para este proyecto será del 8.42%

Cuadro 31.Valor presente neto

PERIODOS	AÑO 0	AÑO 1	VAN
FLUJO DE FONDOS	- 495.300.000	628.901.354	76.428.503

Fuente: Datos de estudio

El VPN obtenido es mayor a cero teniendo en cuenta la tasa de interés de oportunidad, se puede decir que el proyecto es viable.

## **6.9. ANALISIS DE SENCIBILIDAD FINANCIERA**

Al hacer cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa inseguridad lo que hace que la toma de decisiones sea bastante difícil.

Con el objetivo de facilitar la toma de decisiones dentro de la empresa, puede efectuarse un análisis de sensibilidad, el cual indicara las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las variables y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final.

En los proyectos deben tenerse en cuenta todos los aspectos que entran en la determinación de decisiones que afectan los recursos económicos de la empresa. Los parámetros de mayor incidencia que pueden afectar el comportamiento financiero del proyecto son:

La situación de inseguridad que se está viviendo influye en la forma determinante en el manejo económico del país en todos los niveles, afectando el crecimiento de las empresas.

Teniendo en cuenta los distintos periodos que se analizaron, el proyecto mantiene márgenes de rentabilidad buenos, dado que la tasa interna de retorno generada en la evaluación financiera, alcanzo un margen de 27%. El mercado de comercio de roca caliza es abundante, lo que hace que los precios bajen y que las ganancias sean bajas o nulas.



## CONCLUSIONES

Se corrobora en campo la información geológica en la zona del estudio, y el comportamiento estructural de la formación mármoles, la cual es de intereses potencialmente económico.

Se realiza un modelo geológico del yacimiento teniendo en cuenta la geología presente en el área y a partir de ello se realizan el cálculo de reservas de 423.600 toneladas de caliza de los cuales 323.000 ton. de caliza son explotables.

Se determina las propiedades físicas a través de pruebas ensayos de laboratorio donde se determina la porosidad de 3.39%, humedad de 0.26%, saturación 26,62%, y peso específico 24.7 KN/m<sup>3</sup>. Y propiedades químicas para comprobar la calidad de la roca el porcentaje de CaO (37-40%) ideal para la producción de cemento gris.

Con el estudio del macizo rocoso donde se caracteriza y se clasifica arrojando un RQD y un RMR lo que indica que el macizo es de clase II lo que indica que las rocas presentes en la cantera son duras y requiere de voladura para su extracción.

Basándose en las propiedades físicas y mecánicas y por medio del software slide 5.0 se calcula el factor de seguridad 3.11 y se realiza el dimensionamiento geométrico de los banco.

Se diseña el método de explotación por bancos descendentes para la cantera Muro de las Dos de acuerdo a los criterios técnicos y ambientales de la ley colombiana con respecto a las actividades mineras.

Se elabora la producción mensual y anual que se obtendrá en la cantera Muro de la dos de acuerdo a la demanda en planta.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar actualizaciones topográficas semestrales, con el fin de actualizar y verificar los volúmenes del material y estériles removidos en la cantera.

Es indispensable un monitoreo de los taludes debido a que la calidad del macizo no es muy competente para evitar deslizamiento en la zona.

A medida que avance los frentes de explotación y lleguen a cota mínima, dejar un talud final de minado de acuerdo a los criterios técnicos, ambientales y normativamente.

Realizar el mantenimiento de las vías de la cantera con el fin de evitar el deterioro de estas en los periodos de invierno y corrección de los niveles de pendiente para optimización de las operaciones.

Llevar a cabo seguimiento, monitoreo y control de los principales impactos ambientales generados con desarrollo del presente proyecto de explotación, esto con el fin de preservar la calidad del suelo, agua y paisaje, presentes en el área de estudio.

Se debe realizar una evaluación del proyecto con el objetivo de establecer medidas de corrección o mejoramiento continuo.

## **BIBLIOGRAFIA**

BERRY, Peter L. Mecánica de suelos. Mc Graw Hill, Santafé de Bogotá. 1970.  
CODIGO DE MINAS, ley 685 de 2001.

C.H. FRITZSCHE. Tratado de labores de minas. España. Labor SA. Tomo 2. 1965.  
HERRERA, Juan, Diseño de Explotación de Canteras. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Noviembre 2007.  
Métodos de Minería a Cielo Abierto. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Octubre 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NOMAS TECNICAS. Normas colombianas para la Presentación de trabajos de investigación. Santafé de Bogotá DC. ICONTEC, 2007. NTC 1486.

GEMCOM Software International.

GONZALES, VALLEJO, LUIS. Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid. 2002.  
REYES HITALO. Geología de la región de Duitama, Sogamoso – Paz del Rio (Boyacá). Belencito, 1974.

VÁSQUEZ ALEJANDRO, GALDAMES BENJAMÍN, LE-FEAUX RENÉ. Diseño y operaciones en minas a cielo abierto, Departamento de Ingeniería Civil de Minas, Universidad de Chile.

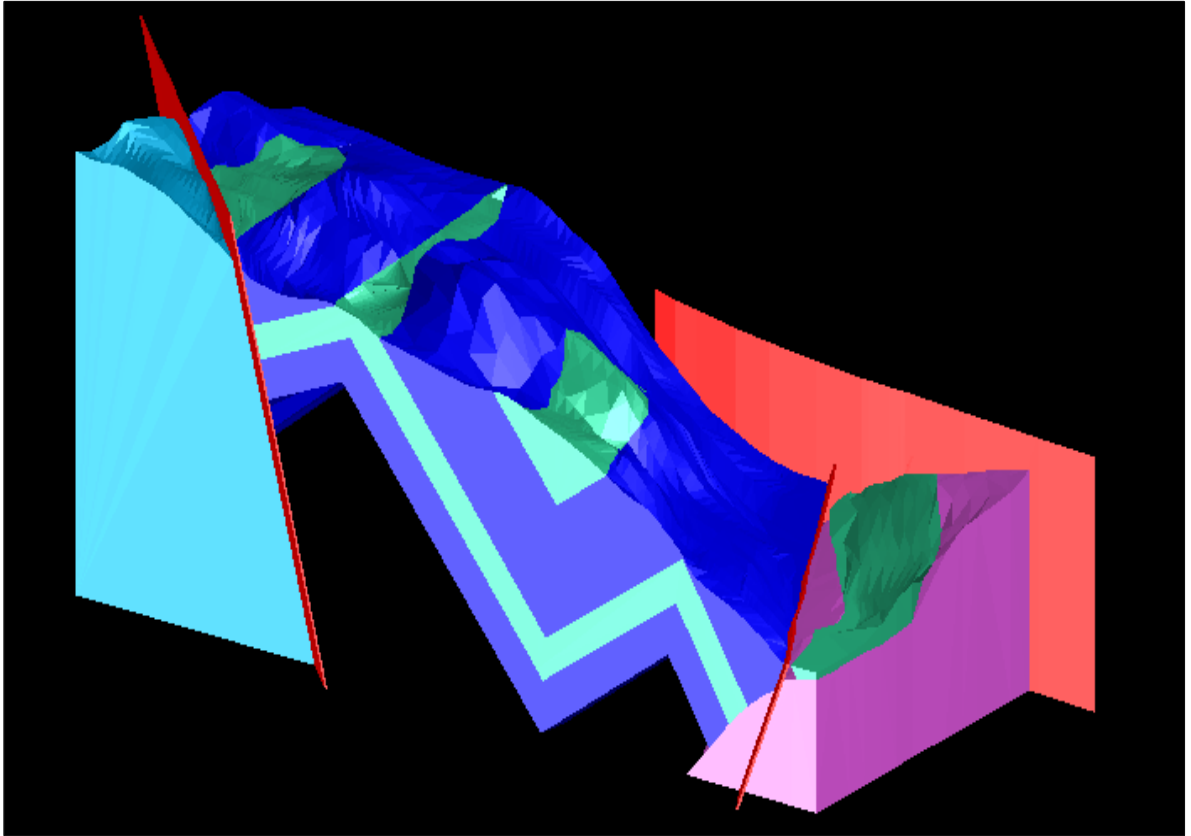
LOPEZ JIMENEZ, CALRLOS. Manual de perforación y voladura, instituto geológico y minero de España (IGME), 2003.

MONTAÑO CARLOS, PARRA LUIS. Aplicación de Gemcom Surpac para el diseño del método explotación, mina “El Pajal”, vereda la carrera municipio de Tibasosa departamento de Boyacá, proyecto de grado modalidad monografía para obtener el título de ingenieros en minas UPTC 2011.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto. Decreto 2222 de 1993, ministerio de minas y energía.

# **ANEXOS**

## Anexo A. Modelo geológico



Fuente: Gemcom Surpac

## Anexo B. Levantamiento de diaclasas

Nº	tipo plano	RUMB O	BUZAMIENT O	DIR. BUZAMIENT O	RELLEN O	ABERTUR A	ESPACIAD O	AGU A	PLAN O
1	diaclasa s	N30E	90SE	120	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
2	diaclasa s	N60E	82se	150	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
3	diaclasa s	N30E	80se	120	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
4	diaclasa s	N20E	87SE	110	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
5	diaclasa s	N69E	80SE	159	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
6	diaclasa s	N88E	87SE	178	calcita	1-3cm	20-25cm	no	rugos a
7	diaclasa s	N63E	79SE	153	calcita	1-3cm	20-25cm	no	rugos a
8	diaclasa s	N31E	80SE	121	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
9	diaclasa s	N52E	78SE	142	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
10	diaclasa s	N29E	81SE	119	arcillas	1-3cm	20-25cm	no	rugos a
11	diaclasa s	N65E	78SE	142	arcillas	0.5-1cm	30-35cm	no	rugos a
12	diaclasa s	N24E	70SE	114	calcita	1-3cm	20-25cm	no	rugos a
13	diaclasa s	N35E	72SE	125	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
14	diaclasa s	N60W	82NE	30	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
15	diaclasa s	N10E	45NW	280	arcillas	1-3cm	20-25cm	no	rugos a
16	diaclasa s	N45W	72NE	45	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugos a
17	diaclasa s	N45W	79NE	45	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugos a
18	diaclasa s	N58W	80NE	32	arc, cal	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
19	diaclasa s	N71W	81NE	19	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a
20	diaclasa s	N80W	N80E	10	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugos a

Fuentes: Datos de estudio.

### ANEXO B. Levantamiento de diaclasas (continuación)

Nº	tipo plano	RUMB O	BUZAMIENT O	DIR. BUZAMIENT O	RELLEN O	ABERTUR A	ESPACIAD O	AGU A	PLAN O
23	diaclasas	N44W	88EN	46	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugosa
24	diaclasas	N71W	81NE	19	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugosa
25	diaclasas	N55W	88NE	35	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugosa
26	diaclasas	N58W	81NE	32	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugosa
27	diaclasas	N58W	80NE	32	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
28	diaclasas	N71W	81NE	19	calcita	1-2 cm	20-25cm	no	rugosa
29	diaclasas	N61W	42NE	29	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
30	diaclasas	N43W	77NE	47	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
31	diaclasas	N46W	78NE	44	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
32	diaclasas	N65E	78SE	25	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
33	diaclasas	N42E	89NW	312	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
34	diaclasas	N45E	20NW	315	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
35	diaclasas	N11E	42NW	281	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
36	diaclasas	N41E	88NW	311	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
37	diaclasas	N45E	19NW	315	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
38	diaclasas	N9E	40NW	279	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
39	diaclasas	N40E	86NW	310	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
40	diaclasas	N43E	18NW	313	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
41	diaclasas	N32E	50NW	302	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa

Fuentes: Datos de estudio.

## ANEXO B. Levantamiento de diaclasas (continuación)

Nº	tipo plano	RUMB O	BUZAMIENT O	DIR. BUZAMIENT O	RELLEN O	ABERTUR A	ESPACIAD O	AGU A	PLAN O
42	diaclasas	N31E	80NW	301	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
43	diaclasas	N29E	21NW	299	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
44	diaclasas	N32W	56NW	302	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
45	diaclasas	N25E	86NW	295	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
46	diaclasas	N50E	75SE	140	calcita	0.5-1cm	30-35cm	no	rugosa
47	diaclasas	N22E	64SE	112	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
48	diaclasas	N35E	21SE	125	arcillas	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
49	diaclasas	N87E	85SE	177	arcillas	1-2cm	20-25cm	no	rugosa
50	diaclasas	N45E	88SE	135	arcillas	1-2cm	20-25cm	no	rugosa
51	diaclasas	N38W	89NSW	232	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
52	diaclasas	N12W	21SW	258	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
53	diaclasas	N37W	88SW	233	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
54	diaclasas	N8W	18SW	262	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
55	diaclasas	N35W	87SW	235	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
56	diaclasas	N46W	89SW	215	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
57	diaclasas	N5W	87SW	265	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
58	diaclasas	N2W	88SW	268	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
59	diaclasas	N45W	89SW	225	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
60	diaclasas	N12W	85SW	258	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa
61	diaclasas	N35W	82SW	235	calcita	0.5-1cm	20-25cm	no	rugosa

Fuentes: Datos de estudio

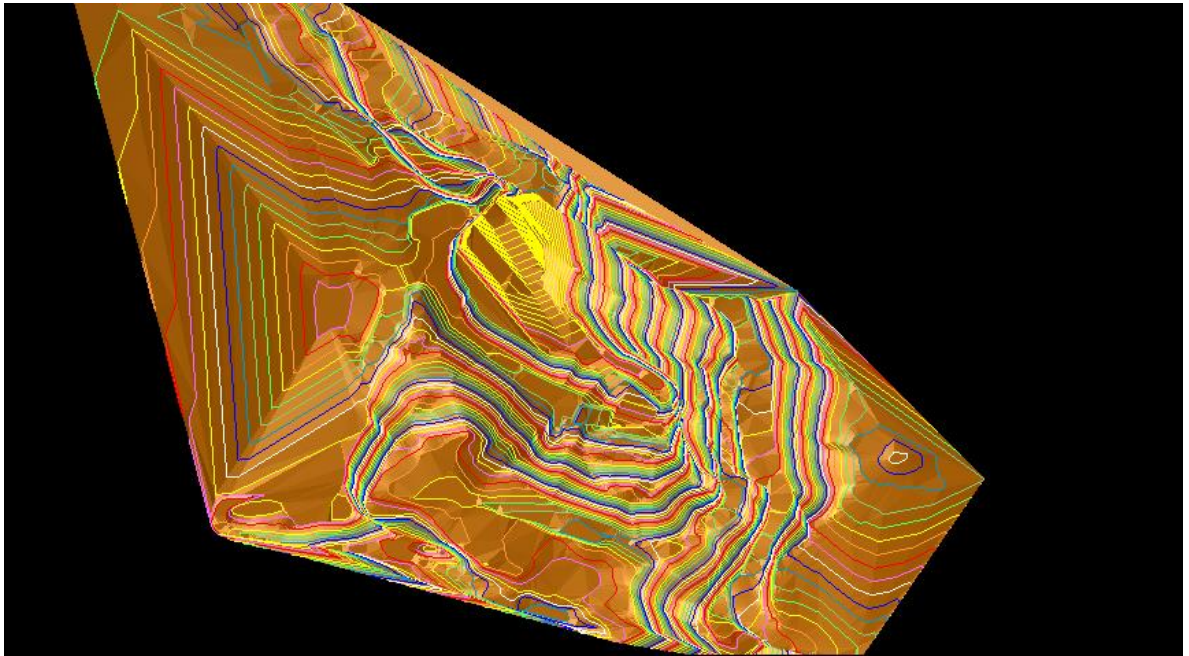


### Anexo C. ciclos de transporte Camión dumper 730

CICLOS DE TRANSPORTE								
Turno	Vehículo	Operario	# Cucharadas	Inicia Cargue (H:MIN'SEG"DECIMA DE SEG)	Fin de Cargue	Vuelve a cargar	Tiempo Ciclo	Tiempo Cargue
			Cargador					
6 - 2 pm	Artuculado 730	Cesar.	1	00:00:00	0:03:12	00:20:16	00:17:04	00:03:12
			2	00:20:16	00:23:56	00:40:21	00:16:25	00:03:40
			3	00:40:21	00:43:42	01:00:27	00:16:45	00:03:21
			4	01:00:27	01:03:43	01:20:21	00:16:38	00:03:16
			5	01:20:21	01:24:15	01:40:30	00:16:15	00:03:54
			6	01:40:30	01:43:40	2:00:15	00:16:35	00:03:10
			7	2:00:15	02:03:45	02:20:06	00:16:21	00:03:30
			8	02:20:06	02:23:48	02:40:36	00:16:48	00:03:42
			9	02:40:36	2:43:54	03:01:04	00:17:10	00:03:18
			10	03:01:04	03:05:00	03:21:18	00:16:18	00:03:56
			11	03:21:18	03:24:43	03:40:50	00:16:07	00:03:25
			12	03:40:50	03:44:34	04:01:15	00:16:41	00:03:44
			13	04:01:15	04:04:30	04:21:00	00:16:30	00:03:15
			14	04:21:00	04:24:38	04:41:05	00:16:27	00:03:38
			15	04:41:05	04:44:38	05:01:02	00:16:24	00:03:33
			16	05:01:02	05:04:41	05:21:10	00:16:29	00:03:39
			17	5:21:23	5:25:00			
			18	00:00:00	00:03:20	00:19:28	00:16:08	00:03:20
			20	00:19:28	00:22:52	00:39:06	00:16:14	00:03:24
			21	00:39:06	00:42:23	00:58:47	00:16:24	00:03:17
			22	00:58:47	01:02:09			
<b>PROMEDIO</b>							<b>0:16:31</b>	<b>0:03:29</b>
<b>Observaciones:</b> Hora de inicio de toma de los tiempos 7:30, trasporte de material de Diamante 3 para cemento blanco Hasta el botadero principal. Para la toma de tiempo se realizó adentro de la maquinaria. Hora de almuerzo 12:00 pm								

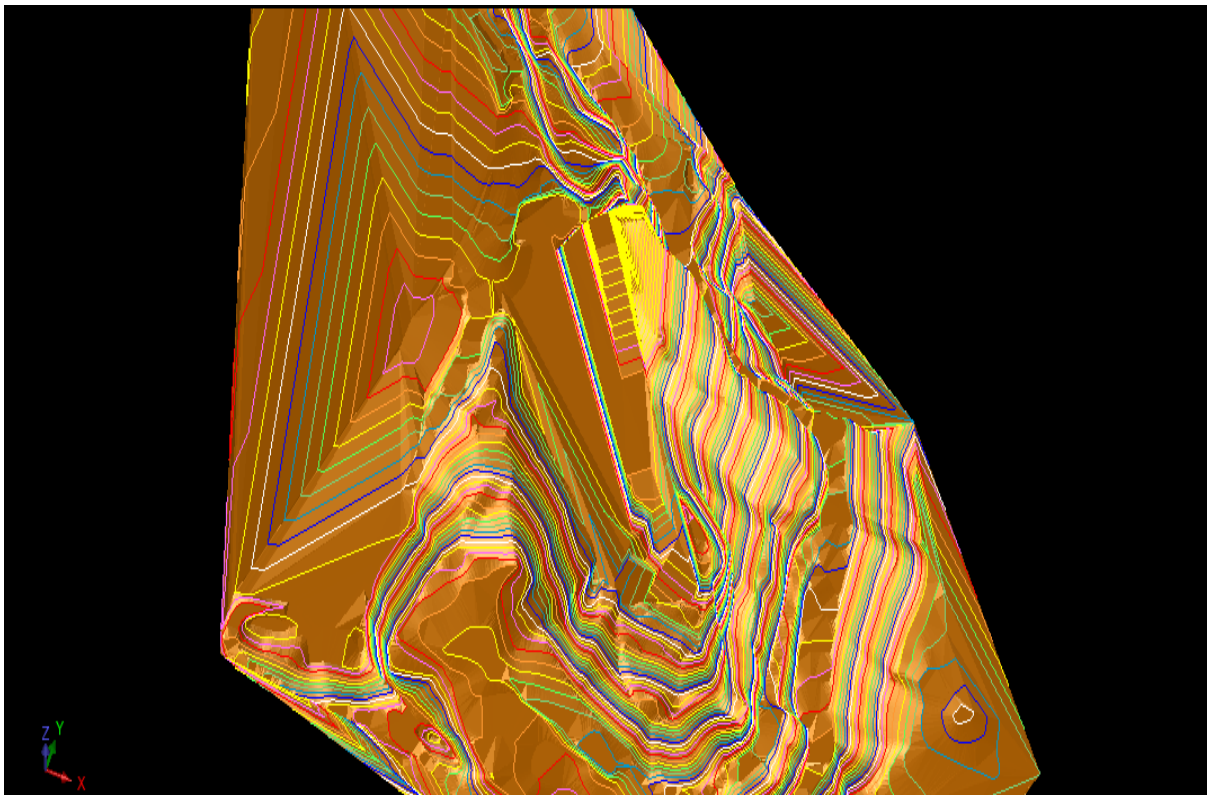
Fuentes: Datos de estudio.

#### Anexo D. Secuencia de explotación de la mina



Fuente: Gemcom Surpac

## Anexo E. Secuencia de explotación de la mina



Fuente: Gemcom Surpac

## Anexo F. Matriz de Identificación de Impactos de Explotación

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS EXPLORACION DE CALIZA				ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO									
COMPONENTES AMBIENTALES													
MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO		FACTOR IMPACTADO									
FÍSICO	Geofísico	1	Suelos	G.1	Procesos erosivos	1	1	1	1	1	1	1	1
				G.2	Contaminación del Suelo	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	Geomorfología	G.3	Disposición inadecuada por residuos	1	1	1	1	1	1	1	1
				G.4	Pérdida de Suelo por descaopie	1	1	1	1	1	1	1	1
				G.5	Cambios en la calidad físico química	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hídrico	3	Aguas Superficiales	H.1	Cambios en la calidad físico química	1	1	1	1	1	1	1	1
				H.2	Sedimentación de cuerpos de agua	1	1	1	1	1	1	1	1
				H.3	Generación de ruidos domésticos	1	1	1	1	1	1	1	1
				H.4	aguas residuales	1	1	1	1	1	1	1	1
				A.1	Emisión de material particulado y gases	1	1	1	1	1	1	1	1
				A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	1	1	1	1	1	1	1
				P.1	modificación de áreas afectadas por la operación	1	1	1	1	1	1	1	1
BIÓTICO	Atmósfera	5	Aire	A.1	Emisión de material particulado y gases	1	1	1	1	1	1	1	1
				A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	1	1	1	1	1	1	1
				P.1	modificación de áreas afectadas por la operación	1	1	1	1	1	1	1	1
	Flora	8	Vegetación	F.3	Remoción y pérdida de cobertura vegetal	1	1	1	1	1	1	1	1
				F.1	alteración del hábitat	1	1	1	1	1	1	1	1
				F.2	interacción de especies	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fauna	9	Fauna Terrestre	F.3	no aplica	1	1	1	1	1	1	1	1
				S.1	Expectativas	1	1	1	1	1	1	1	1
				S.2	Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1
SOCIOECONÓMICO	Social	11	Población Asentada	S.3	Beneficio por desarrollo de obras	1	1	1	1	1	1	1	1
				E.1	Cambios en el uso del suelo	1	1	1	1	1	1	1	1
				E.2	Aumento de comercio como efecto del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Datos de estudio.

## Anexo G. Matriz de Evaluación de Impactos

EVALUACION DE IMPACTOS												
				IMPACTOS	MAGNITUD DEL IMPACTO	EXTENSION (E)	REVERSIBILIDAD (R)	RECUPERABILIDAD (MC)	ACUMULACIÓN DEL IMPACTO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	DESCRIPCIÓN	
A - Contruccion y Montaje.	A.1	campamentos y oficinas	G.4	Perdida de Suelo por descapote	1	1	1	1	1	5	LEVE	
			G.2	Contaminacion del Suelo	2	2	1	1	1	7	MENOR	
			A.1	Emision de material particulado y gases	1	2	1	1	2	7	MENOR	
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	1	1	1	2	6	LEVE	
			H.3	generacion de residuosliquidos domesticos	1	4	2	1	1	9	MENOR	
			S.1	Empleo	1	1	1	1	1	5	LEVE	
	A.2	construccion y adecuacion de vias internas externas	P.1	Extensión de áreas afectadas por la operación	2	1	4	2	2	11	LOCALIZADO	
			G.4	Perdida de Suelo por descapote	1	1	2	1	2	7	MENOR	
			P.1	modificacion del area	3	1	4	4	2	14	MAYOR	
			A.1	Emision de material particulado v gases	1	2	1	1	2	7	MENOR	
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	4	1	1	2	9	MENOR	
			S.3	Beneficio por desarrollo de obras comunitarias	1	4	4	2	2	13	MAYOR	
			G.5	cambios en las geoformas	1	4	1	1	2	9	MENOR	
	A.3	infraestructura de servicios publicos	G.4	Perdida de Suelo por descapote	1	1	2	4	1	9	MENOR	
			G.3	Disposicion inadecuada por residuos Solidos	2	1	1	4	1	9	MENOR	
			H.1	Cambios en la calidad fisico quimica del agua	1	1	1	1	1	5	LEVE	
			F.2	Afectacion de comunidades faunisticas	1	1	4	2	2	10	LOCALIZADO	
			S.3	Beneficio por desarrollo de obras comunitarias	2	1	4	1	1	9	MENOR	
			P.1	modificacion del area	2	2	4	2	1	11	LOCALIZADO	
B - Arranque	B.1	Perforacion y voladura	G.1	Activacion de procesos erosivos	2	2	2	2	2	10	MENOR	
			G.5	Cambios en la geoforma	2	1	4	2	2	13	MAYOR	
			A.1	Emision de material particulado y gases	3	1	1	1	2	8	MENOR	
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	2	1	1	1	2	7	MENOR	
			S.1	Expectativas	3	4	1	1	1	10	LOCALIZADO	
			P.1	Modificacion de las areas	2	2	4	2	2	12	LOCALIZADO	
	B.2	Extraccion del mineral	G.4	Perdida de Suelo por descapote	2	2	2	1	2	9	MENOR	
			G.1	Activacion de procesos erosivos	2	2	2	2	2	10	LOCALIZADO	
			F.3	Remosion y perdida de cobertura Vegetal	3	2	4	2	1	12	LOCALIZADO	
			F.1	Afectacion de comunidades faunisticas	3	2	4	2	1	12	LOCALIZADO	
			S.1	Empleo	1	2	1	1	1	6	LEVE	
			G.5	cambios en las geoformas	2	1	2	2	2	9	MENOR	
	C- Transporte y almacenamiento	C.1	cargue	A.1	Emision de material particulado y gases	2	1	1	1	2	7	MENOR
				A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	1	1	1	2	6	MENOR
				S.2	Empleo	1	4	1	1	1	8	MENOR
		C.2	transporte	A.1	Emision de material particulado y gases	2	1	1	1	2	7	LEVE
				A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	4	1	1	2	9	MENOR
				S.2	Empleo	1	4	1	1	1	8	MENOR
		C.3	Pacios de Acopio	G.1	Procesos erosivos	2	4	2	2	2	12	LOCALIZADO
G.2				Contaminacion del Suelo	1	1	2	1	1	6	MENOR	
G.3				Disposicion inadecuada por residuos Solidos	1	1	2	1	1	6	MENOR	
H.1				Cambios en la calidad fisico quimica	1	1	1	1	1	5	LEVE	
A.1				Emision de material particulado y gases	1	1	1	1	2	6	MENOR	
S.1				Expectativas	1	1	1	1	1	5	LEVE	
G.3				Disposicion inadecuada por residuos Solidos	1	1	1	1	1	5	LEVE	
C.4	Disposicion de Escombros	G.1	Activacion de procesos erosivos	2	2	1	2	1	8	MENOR		
		P.1	afectacion del paisaje	2	1	1	1	2	7	MENOR		
		F.2	Afectacion de comunidades faunisticas	2	1	4	2	2	11	MENOR		
		S.1	Expectativas	1	1	1	1	1	5	LEVE		

Fuente: Datos de estudio.

## Anexo G. Matriz de Evaluación de impactos (continuación)

EVALUACION DE IMPACTOS											
				IMPACTOS	MAGNITUD DEL IMPACTO	EXTENSION (E)	REVERSIBILIDAD (R)	RECUPERABILIDAD (MC)	ACUMULACIÓN DEL IMPACTO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	DESCRIPCIÓN
D - Beneficio y Transformación.	D.1	Trituración	A.1	Emisión de material particulado	1	1	4	3	2	11	LOCALIZADO
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	2	4	3	2	12	LOCALIZADO
			S.2	Empleo	1	2	4	3	1	11	LOCALIZADO
	D.2	Premolienda	A.1	Emisión de material particulado	1	1	4	3	2	11	LOCALIZADO
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	2	4	3	2	12	LOCALIZADO
			H.1	Cambios en la calidad físico química	2	2	2	1	2	9	MENOR
			H.2	producción de sedimentos	1	2	2	2	1	8	MENOR
			S.2	Empleo	1	2	1	2	2	8	MENOR
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	2	4	3	2	12	LOCALIZADO
	D.3	Molienda	H.1	Cambios en la calidad físico química	2	2	3	2	1	10	LOCALIZADO
			S.2	Empleo	2	4	4	1	1	12	LOCALIZADO
			G.4	Perdida de Suelo por descapote	2	2	2	2	2	10	LOCALIZADO
E - Cierre y abandono	E.1	Yacimientos Mineros	P.1	Extensión de áreas afectadas por la operación	2	1	2	2	2	9	MENOR
			A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	2	2	1	1	2	8	MENOR
			F.1	Remoción y pérdida de cobertura Vegetal	3	2	4	3	2	14	LOCALIZADO
			S.1	Expectativas	1	1	1	1	1	5	LEVE
			S.2	Empleo	3	4	1	1	1	10	MENOR
			G.3	Disposición inadecuada por residuos Sólidos	1	1	1	1	1	5	LEVE
	E.2	Infraestructura	A.2	Incremento de niveles de ruido y vibraciones	1	1	1	1	2	6	LEVE
			F.1	Remoción y pérdida de cobertura Vegetal	3	2	2	1	2	10	MENOR
			S.3	Beneficio por desarrollo de obras comunitarias	1	4	4	1	1	11	LOCALIZADO
			E.1	Valoración del predio	2	4	4	1	1	12	LOCALIZADO
			E.2	Aumento del comercio	2	4	2	2	2	12	LOCALIZADO

Fuente: Datos de estudio.